

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа новых производственных технологий**
 Отделение школы (НОЦ) **Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера**
 Направление подготовки **18.03.01 Химическая технология**
 Профиль **Машины и аппараты химических производств**

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование оборудования производства сиропа из плодов шиповника
УДК <u>664.857.036.53:633.88</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Г61	Шадуро Екатерина Михайловна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Горлушко Д.А.	к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Л.А.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев В.М.	к.т.н., доцент		

Томск – 2021 г.

**Планируемые результаты обучения по ООП 18.03.01 «Химическая технология»
выпуска 2021 г.**

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способность определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способность осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способность осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способность воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способность управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способность поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способность создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Дополнительная универсальная компетенция университета	
УК(У)-9	Способность проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владеет пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владеет основными методами защиты производственного персонала и

Код компетенции	Наименование компетенции
	населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
	Профессиональные компетенции
ПК(У)-1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	Способность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	Способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
ПК(У)-21	Готовность разрабатывать проекты в составе авторского коллектива
ПК(У)-22	Готовность использовать информационные технологии при разработке проектов
ПК(У)-23	Способность проектировать технологические процессы с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства в составе авторского коллектива
	Дополнительная компетенция университета
ДПК(У)-1	Способность проводить стандартные испытания материалов и изделий, проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку и анализ результатов

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа новых производственных технологий**
 Отделение школы (НОЦ) **Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера**
 Направление подготовки **18.03.01 Химическая технология**
 Профиль **Машины и аппараты химических производств**

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Беляев В.М.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Г61	Шадуро Екатерина Михайловна

Тема работы:

Проектирование оборудования производства сиропа из плодов шиповника	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	29.01.2021 №29-63/с
Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2021

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Теплообменный аппарат для охлаждения сиропа из плодов шиповника, процесс работы непрерывный, охлаждение сиропа до 60 – 70 °С. В качестве хладоносителя используют ледяную воду температурой 1–2°С.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Введение; Обзор литературы; Объект и методы исследования; Технологическая схема; Инженерные расчеты и аналитика (технологический, гидравлический, механический расчеты); Выбор конструкционных материалов;

	Результаты проведенного исследования Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; Социальная ответственность; Заключение по работе.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Технологическая схема; 2. Пластинчатый теплообменник. Вид общий; 3. Пластинчатый теплообменник. Сборочные единицы.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кандидат экономических наук, доцент Трубченко Т.Г.
Социальная ответственность	Старший преподаватель Скачкова Л.А.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	24.04.2021
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Горлушко Д.А.	к.х.н.		27.04.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Г61	Шадуро Екатерина Михайловна		27.04.2021

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки, содержащей 87 страницы печатного текста, 15 рисунков, 37 таблиц, 46 источников литературы, 3 листа графического материала.

Ключевые слова: пластинчатый теплообменный аппарат, теплоноситель, пластина, сироп, прочность, критерий Нуссельта и Рейнольдса.

Объектом исследования является пластинчатый теплообменный аппарат, предназначенный для охлаждения сиропа из плодов шиповника

Цель работы – провести расчет теплообменного аппарата для заданных технологических условий с целью повышения его энерго-и ресурсоэффективности.

В процессе исследования проводились технологический, конструктивный, гидравлический и механический расчеты.

В результате исследования был произведен полный расчет теплообменника, подобраны материалы для изготовления аппарата, рассчитаны толщины плит и фланцевые соединения.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

- площадь поверхности теплообмена 25 м^2 ;
- количество пластин: 44 шт;
- площадь пластины: $0,6 \text{ м}^2$;
- рабочее давление: 1.0 МПа.

Область применения: пищевая, фармацевтическая и химическая промышленность.

В результате исследования было подтверждено, что выбранный теплообменник соответствует всем предъявляемым требованиям технологического процесса.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ:

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Пластинчатый теплообменник: устройство, в котором осуществляется передача теплоты от горячего теплоносителя к холодной среде через пластины, которые стянуты в пакет.

Биологически активные добавки: вещества, предназначенные для обогащения рациона питания человека витаминами, минеральными веществами, аминокислотами, пищевыми волокнами.

Расчетное давление: это давление, при котором проводят расчет на прочность.

Расчетная температура: наибольшая температура стенки элемента с учетом температурных условий, ожидаемых в процессе эксплуатации.

Теплоноситель: это жидкое или газообразное вещество, применяемое для передачи тепловой энергии.

Прочность: свойство материала сопротивляться разрушению под действием напряжений, возникающих под воздействием внешних сил.

Критерий Нуссельта: безразмерный коэффициент теплоотдачи, характеризует соотношение конвективной теплоотдачи и теплопроводности в пристенном слое текущей среды.

Критерий Рейнольдса: критерий подобия течения вязкой жидкости.

СОКРАЩЕНИЯ:

БАД – биологически активная добавка

ТОА – теплообменный аппарат

ПТОА – пластинчатый теплообменный аппарат

ПЭТ – полиэтилентерефталат

СИЗ – средств индивидуальной защиты

ФЗ – федеральный закон;

ТК РФ – Трудовой Кодекс Российской Федерации;

НТИ – научно-техническое исследование.

ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- a_1 – длина пластины, м;
- $A_{ш}$ – площадь поперечного сечения стержня шпильки стяжной, мм²;
- b_1 – ширина пластины, м;
- B – ширина неподвижной (прижимной) плиты, мм;
- c – прибавка к расчетной толщине стенки, мм;
- c_1, c_2, c_3 – прибавка для компенсации коррозии, на минусовой допуск и технологическая прибавка, мм;
- d_0 – наружный диаметр резьбы стержня болтов, мм;
- $d_{ш1}, d_{ш2}$ – внутренний диаметр патрубка для ввода жидкости, м;
- d_1 – диаметр отверстия под штуцер, мм;
- d_w – минимальный диаметр стержня болтов, мм;
- $d_э$ – эквивалентный диаметр канала, м;
- $D_б$ – диаметр болтовой окружности, мм;
- $D_{нп}$ – наружный диаметр прокладки, мм;
- D_n – наружный диаметр фланца, мм;
- $E_{пр}$ – модуль упругости, МПа;
- $F_{ор}$ – ориентировочная поверхность теплоотдачи, м²;
- F – площадь поверхности теплообмена, м²;
- F_p – расчетная поверхность теплопередачи, м²;
- f – площадь пластины, м²;
- $F_{об}$ – усилие необходимое для обжатия прокладки, Н;
- F_0 – усилие начальной затяжки гаек, Н;
- F_{0wp}, F_{0wh} – гидростатическое усилие от рабочего давления и давления гидравлических испытаний, Н;
- F_{0w} – усилие на болтах при затяжке болтов, Н;
- q – сжимающее напряжение в прокладке, МПа;
- G_1, G_2 – расход теплоносителей, кг/с;
- H – высота пластинчатого теплообменника, мм;
- H_1 – расстояние между низом опоры и центром штуцера, мм;
- H_2 – расстояние между центрами штуцеров по вертикали, мм;
- i – ширина прокладки пластины, мм;
- $K_{ор}$ – ориентировочный коэффициент теплопередачи, Вт/м²·К;
- K – скорость коррозии, мм/год;
- $K_σ$ – эффективный коэффициент концентрации напряжения;

L – расстояние между краями опор, мм;
 L_1 – расстояние между крайевыми пластинами, мм;
 L_2 – расстояние между анкерными болтами опор, мм;
 L_3 – расстояние между центрами штуцеров по горизонтали, мм;
 L_4 – расстояние между анкерными болтами, мм;
 $L_{\text{п}}$ – приведенная длина канала, м;
 $l_{\text{ш}}$ – свободная длина шпильки стяжной, мм;
 M – масса аппарата, кг;
 m – ширина плиты, мм;
 n – длина плиты, мм;
 n_N – коэффициент запаса прочности по напряжениям;
 n_{σ} – коэффициент запаса прочности по числу циклов;
 N – число пластин, шт;
 Nu – Критерий Нуссельта;
 $Pr_1, Pr_2, Pr_{\text{ст}}$ – Критерий Прандля при скорости горячей и холодной жидкости, стенки;
 P – расчетное давление, МПа;
 P_1 – рабочее давление, МПа;
 $P_{\text{и}}$ – пробное давление при условиях гидравлических испытаний, МПа;
 $P_{\text{д}}$ – допустимое давление при рабочих условиях, МПа;
 $P_{\text{ди}}$ – допустимое давление при условиях гидравлических испытаний, мм;
 Q_1 – тепловая нагрузка с учетом изменения температуры теплоносителя, Вт;
 Q_2 – количество тепла, передаваемое в 1 секунду горячим теплоносителем холодному, Вт;
 Q_t – нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций, в соединениях с плоскими фланцами, Вт;
 γ – тепловая проводимость загрязнений стенок, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;
 Re_1, Re_2 – Критерий Рейнольдса при скорости горячей и холодной жидкости;
 R – сумма термических сопротивлений пластины толщиной 1 мм, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;
 S – поперечное сечение канала, м^2 ;
 S_1 – номинальная толщина крышки в рабочих условиях, мм;
 $S_{\text{п}}$ – толщина прижимной плиты, мм;
 $S_{\text{А1}}$ – толщина неподвижной плиты, мм;
 $t_{1\text{н}}, t_{1\text{к}}$ – начальная и конечная температура горячей среды, $^{\circ}\text{C}$;
 $t_{2\text{н}}, t_{2\text{к}}$ – начальная и конечная температура холодной среды, $^{\circ}\text{C}$;
 $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_{\text{ср}}$ – разность температур теплоносителей, средняя разность температур, $^{\circ}\text{C}$;

t_{1cp} , t_{2cp} , $t_{cpст}$ – средние температуры горячей, холодной сред, стенки пластины, °C;
 ΔT – средняя температура стяжек, °C;
 V – объемный расход среды, м³/с;
 w_1 , w_2 – скорость горячей и холодной жидкости, м/с;
 $wп$ – скорость движения сиропа в патрубке, м/с;
 $w_{ш1}$, $w_{ш2}$ – скорость движения жидкости в штуцерах, м/с;
 z – количество стяжек резьбовых, шт;
 ρ – плотность теплоносителя, кг/м³;
 λ – теплопроводность теплоносителя, Вт/м*К;
 $\lambda_{ш}$ – коэффициент податливости стяжек резьбовых, мм/н;
 μ – коэффициент динамической вязкости, Па*с;
 $\delta_{ст}$ – толщина пластины, м;
 α_1 , α_2 – коэффициент теплоотдачи от горячей и холодной жидкости к стенке, Вт/м²·К;
 Δ – запас поверхности, %;
 σ_p – допускаемое напряжение для рабочих условий, МПа;
 σ_{20} – допускаемое напряжение для условий гидравлических испытаний при температуре 20 °C, МПа;
 τ – срок эксплуатации оборудования, лет;
 γ – коэффициент жесткости фланцевого соединения для плоских фланцев, Н/мм;
 Θ – угол поворота приварного встык фланца, рад;
 Θ_d – допустимый угол поворота приварного встык фланца, рад.

Оглавление

РЕФЕРАТ	6
ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	7
Введение.....	13
1 Обзор литературы.....	14
2 Технологическая схема установки	18
2.1 Описание технологического процесса	19
2.2 Описание технологического процесса	21
3 Технологические расчеты.....	22
3.1 Уточнённый расчет требуемой поверхности.....	24
4 Конструктивный расчет теплообменника.....	29
4.1 Расчет патрубков и подбор фланцев	30
5 Механический расчет теплообменника.....	32
5.1 Определение расчетных параметров	32
5.2 Расчет прямоугольных боковых плит	33
5.2.1 Расчет прижимной плиты	33
5.2.2 Расчет неподвижной плиты.....	35
5.3 Расчет по выбору минимального диаметра крепежных деталей.....	36
5.3.1 Расчет по выбору минимального диаметра для шпильки стяжной.....	36
5.3.2 Определение расчетных параметров	37
5.3.3 Расчет по выбору минимального диаметра стержня болтов.....	38
5.4 Расчет прокладок на распор гидростатическим давлением	38
5.5 Прочностной расчет фланцевого соединения	39
5.5.1 Определение основных расчетных значений	40
5.5.2 Усилия, необходимые для смятия прокладки и обеспечения герметичности фланцевого соединения	41
5.5.3 Усилия в шпильках фланцевого соединения при затяжке и в рабочих условиях.....	42
5.5.4 Проверка прочности болтов и прокладки	45
5.5.5 Расчет фланцев на статическую прочность	45
5.5.6 Проверка углов поворота фланцев	48
5.5.7 Проверка малоцикловой прочности элементов фланцевого соединения ...	48
6 Поверочный расчет теплообменного аппарата	49
6.1 Расчет на прочность стяжек резьбовых	49
6.2 Определение напряжения смятия в месте контакта шайба - гайка и шайба - плита прижимная.....	53

7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУСОСБЕРЕЖЕНИЕ	56
7.1 Потенциальные потребители результатов исследования	56
7.2 Анализ конкурентных технических решений	57
7.3 SWOT-анализ	59
7.4 Планирование научно-исследовательской работы	60
7.4.1 Структура научно-исследовательского исследования	60
7.4.2 Разработка графика проведения научно-технического исследования	60
7.5 Бюджет научно-технического исследования	63
7.5.1 Расчёт материальных затрат	64
7.5.2 Расчёт амортизационных отчислений	64
7.5.3 Расчёт заработной платы и отчислений во внебюджетные фонды	65
7.5.4 Расчёт общей себестоимости	67
7.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	67
8 Социальная ответственность	73
8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	74
8.2 Производственная безопасность	75
8.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	76
8.2.2 Мероприятия по снижению воздействия:	78
8.3 Экологическая безопасность	79
8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	80
Заключение	83
Список использованных источников	84

Введение

В настоящее время международный рынок биологически активных добавок входит в список активно развивающихся. Лидером по производству добавок в 2017 г. стали Соединенные Штаты Америки, ими было произведено 30 % от мирового рынка. В России же общий объем рынка БАД превысил 103 млрд руб. В розницу реализуется 81,5% биодобавок и витаминов [1].

На российских предприятиях-изготовителях БАД ведется активная работа по увеличению ассортимента продукции, например, с использованием нетрадиционного сырья (различных вкусовых добавок). Производят БАД в виде бальзамов, настоев, сиропов, экстрактов, таблеток и в других формах [1].

На современных предприятиях пищевой, фармацевтической и биотехнологической промышленности, активно используется теплообменное оборудование для вязких продуктов [2].

Пластинчатый теплообменник, который еще недавно считался новейшей разработкой, на данный момент нашел широкое применение на современных предприятиях фармацевтической и биотехнологической промышленности, в пищевой отрасли: сахарном, спиртовом, молочном производстве и т.д. [2].

При изготовлении сиропов теплообменные аппараты используются для охлаждения и подогрева сахарного сиропа на всех стадиях производства. Поэтому очень важно не только подобрать наилучший вариант теплообменника, но и добиться энерго-и ресурсоэффективности, ввиду увеличения объема и разновидности выпуска БАД.

					ФЮРА.065144.001ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Шадуро Е.М.</i>			Введение			
<i>Руковод.</i>		<i>Горлушко Д.А.</i>						
<i>Конс.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Руков. ООП</i>		<i>Беляев В.М.</i>						
						<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
						Д	13	1
						ТПУ, гр. 3-4Г61		

1 Обзор литературы

На современных предприятиях пищевой и фармацевтической промышленности, используется большое количество ТОА для вязких продуктов. Пищевые теплообменники применяются в качестве пастеризаторов, подогревателей и охладителей, для термической обработки вязких сред (сироп, кефир, сливки, мед и т.д.).

К.А. Рашкин писал диссертацию, где «исследовал тематику применения разных типов теплообменных аппаратов в зависимости от технологии производства, где привел анализ областей применимости аппаратов в зависимости от вязкости продукта (рисунок 1.1) [3]».

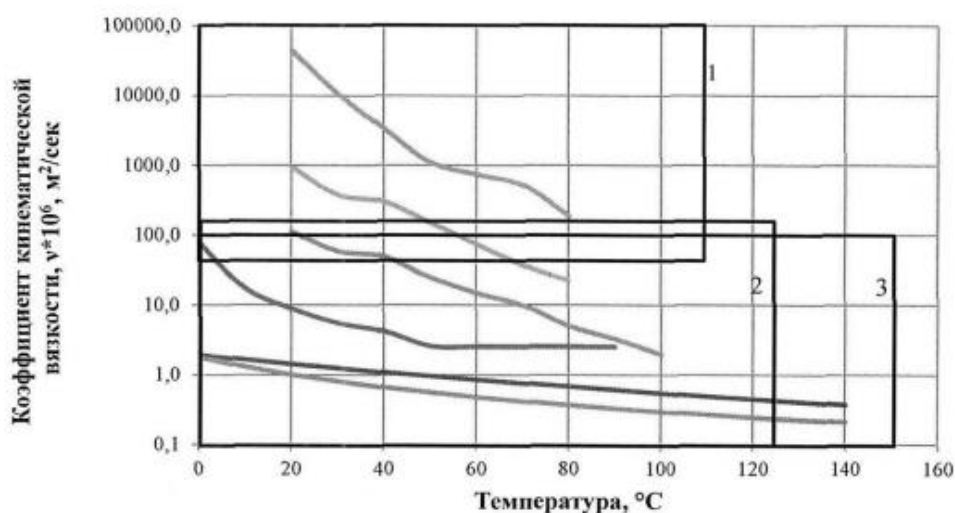


Рисунок 1.1 - Области наиболее результативного применения ТОА:

- 1 - пластинчатых и барабанных со скребковыми механизмами,
- 2 - пластинчатых, 3 – трубчатых [3].

Из рисунка 1.1 можно сделать вывод о том, что наиболее эффективным для нужного нам диапазона температур от 0 до 100 °C и вязкостью не более $100 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{сек}$ является использование пластинчатого ТОА.

					ФЮРА.065144.001ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Шадуро Е.М.			Обзор литературы	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Горлушко Д.А.				Д	14	4
Конс.						ТПУ, гр. 3-4Г61		
Н. контр.								
Руков. ООП		Беляев В.М.						

Надобность термической обработки пищевого сырья и полуфабрикатов обуславливается их санитарным благополучием. Температура оказывает влияние на структурные и физико-механические свойства, а также определяет качество продукции. К.А. Рашкин подчеркивал, что «исследование процесса переноса тепла позволит в значительной степени оптимизировать температурное воздействие на продукт, тем самым улучшив его качество [1]».

Тип используемого теплообменника будет зависеть от характера обрабатываемых продуктов. Для материалов с низкой или средней вязкостью, таких как сточные воды и жидкие отходы с низкой концентрацией органической твердой фазы, подходит использование кожухотрубных теплообменников. Для более сложных и вязких материалов, таких как более плотные сточные воды, сиропы, твердые отходы с более высокими концентрациями сухого вещества, подойдет применение скребковых или пластинчатых теплообменников, которые уменьшают загрязнение и обеспечивают стабильность теплопередачи.

В учебном пособии Дытнерского Ю.И. рассматривается классификация конструкций теплообменных аппаратов, предъявляемые к ним требования и основные технические характеристики [2].

Классифицируются ТОА по конструкции, виду теплоносителей и способу передачи тепла. По способу передачи тепла теплообменники подразделяются на рекуперативные (поверхностные), смесительные и регенеративные [4].

В рекуперативных аппаратах происходит постоянный контакт с поверхностью стенки, через которую передается тепло. В рекуперативном теплообменнике путь потока обычно состоит из матрицы, которая нагревается, когда через нее проходит горячая жидкость. Затем это тепло отдается холодной жидкости, когда она проходит через матрицу. Рассмотрим более подробно некоторые виды:

Кожухотрубные теплообменники [10]

Данные теплообменные аппараты состоят из пучка труб, закрепленных в трубную решетку. Они широко применяются в качестве конденсаторов и испарителей.

Конденсаторы предназначены для подогрева жидкостей и газов за счет тепла конденсации пара в межтрубном пространстве. Две жидкости могут обмениваться теплом, одна жидкость течет по внешней стороне труб, а вторая жидкость течет по трубам. Жидкости могут быть однофазными или двухфазными и могут протекать параллельно или противоточно.

Кожухотрубчатые испарители используются для испарения жидкости в установках промышленных и бытовых нужд, например, для пастеризации молока.

					ФЮРА. 065144.001ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

На рисунке 1.2 представлена схема конструкции кожухотрубного теплообменного аппарата.

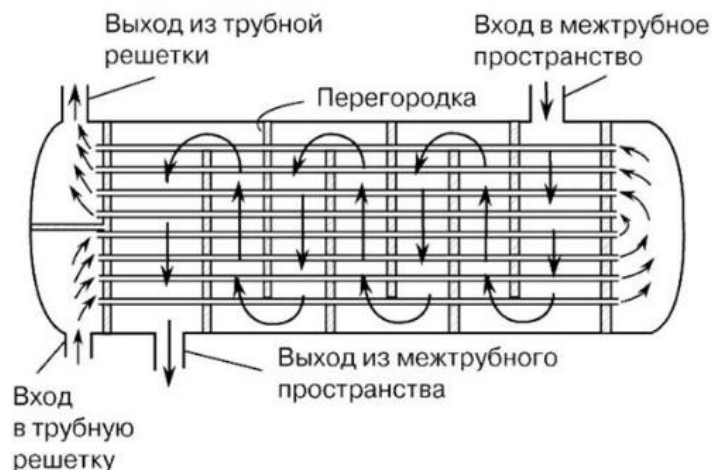


Рисунок 1.2 – Конструкция кожухотрубчатого теплообменника

Основным недостатком данного теплообменника является слабый КПД относительно других видов ТОА. Они обладают высокой металлоемкостью, большими затратами по монтажу, чистке, так как сироп вязкий и не вымывается до конца, ремонтным работам по замене трубок, имеют значительные габаритные размеры, что для небольших предприятий зачастую не подходит.

Пластинчатые теплообменники

Относятся к рекуперативным теплообменным аппаратам, в которых теплообмен происходит через пластину между горячей и холодной средой. Смешение сред в данном теплообменнике невозможно из-за определенной конструкции теплообменных пластин и уплотнений, застойные зоны при промывках отсутствуют. Среды разделяются прокладками через дренажную зону. При повреждении или старении прокладки течь происходит наружу, не соприкасаясь с продуктом (рисунок 1.3) [5]

Бывают нескольких видов:

- разборные;
- сварные и полусварные;
- паяные.

Данные теплообменники широко используются в пищевой промышленности для охлаждения сахарного сиропа, наливок и настоек в ликероводочном и пищевом производстве.

Достоинства:

- простота в транспортировке и монтажных работах, из-за компактных размеров;

- удобство в обслуживании и экономичность – так как они полностью либо частично разбираются это позволяет без труда промывать пластины, и прибор способен прослужить более 10-15 лет;
- коэффициент полезного действия достигает 95 %;
- низкая стоимость самого теплообменника, а также затрат на замену составляющих.

На ряду со всеми положительными качествами ТОА существуют и недостатки:

- высокие требования к чистоте теплоносителей (химически очищенная вода);
- необходимость заземления, из-за подверженности пластин к воздействию тока.

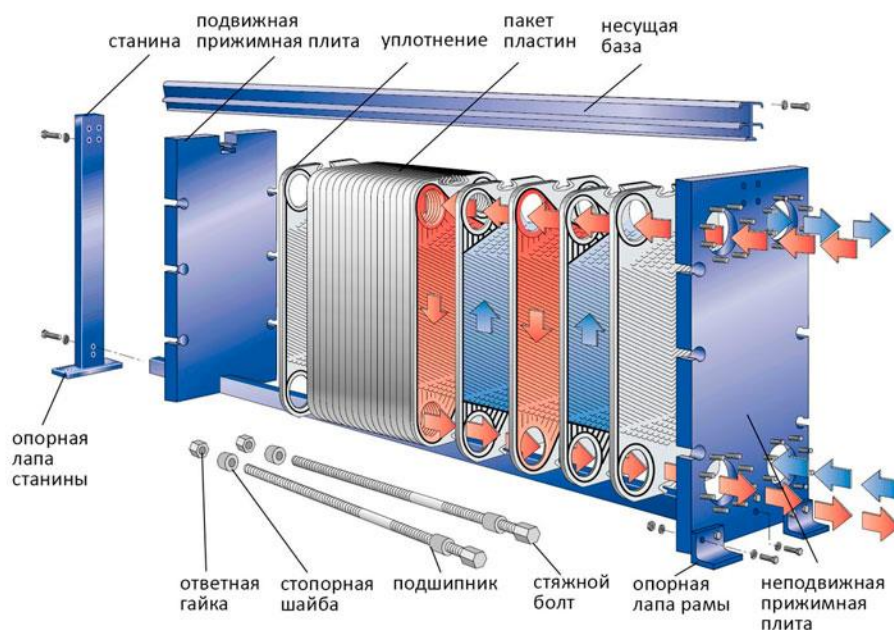


Рисунок 1.3 – Пластиновый теплообменник [5]

На основе анализа различных теплообменных аппаратов наилучшим вариантом в производстве вязкого сиропа будет использование пластинового теплообменника, поскольку он более надежен, производителен, имеет сравнительно небольшие размеры, а также возможность очистки поверхности, что очень важно при производстве сиропа. К тому же прибор способен быстро охлаждать значительные объемы жидкости, примерно в 4-6 раз быстрее.

2 Технологическая схема установки

Объектом исследования является пластинчатый теплообменный аппарат, установленный в цехе производства сиропов, и предназначенный для охлаждения сиропа до температуры 60-70 °С.

Горячим теплоносителем является сироп температурой 95 °С, который изготавливается из плодов шиповника, обогащенных витамином С. Хладоносителем служит вода температурой 20 °С.

В таблице 2.1 рассмотрим основные характеристики биологически активной добавки сиропа шиповника [46].

Таблица 2.1 - Физико-химические характеристики сиропа [46]

Характеристика	Значение
Внешний вид	Густая прозрачная однородная жидкость, светло-коричневого цвета
Цвет	От светло-коричневого до красновато-коричневого
Вкус, запах	Сладкий, своеобразный, свойственный плодам шиповника
Содержание сахара, %	60-70*
Содержание сухих веществ, %	68-70*
Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100 мл, не менее	125
*при 70°С	

В таблице 2.2 представлены теплофизические свойства сиропа.

Таблица 2.2 – Теплофизические свойства сиропа

Характеристика	Обозначение	Единица измерения	Значение*
Плотность	ρ	кг/м ³	1.29
Теплопроводность	λ	Вт/м*К	0.447
Теплоемкость	c	Дж/кг*К	2996
Коэффициент динамической вязкости	μ	Па*с	$7.18 \cdot 10^{-3}$
*при 70°С			

					ФЮРА.065144.001ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Шадуро Е.М.			Технологическая схема установки	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Горлушко Д.А.				Д	18	4
Конс.						ТПУ, гр. 3-4Г61		
Н. контр.								
Руков. ООП		Беляев В.М.						

2.1 Описание технологического процесса

Процесс производства сиропа шиповника включает следующие стадии:

1. Подготовка сырья к производству;
2. Приготовление экстракта;
3. Приготовление сиропа;
4. Упаковка готового продукта
5. Хранение на складе готовой продукции при температуре не выше 25 °С.

Подготовка сырья к производству

На первой стадии производства происходит визуальный осмотр целостности упаковки сырья, сортировка и измельчение плодов шиповника на фракцию 5-10 мм при помощи измельчителя. Измельченный шиповник фасуется в мешки по 5-10 кг. Следом совершается процедура взвешивания всех компонентов, необходимых для изготовления.

Приготовление экстракта

Расфасованные мешки загружаются в экстрактор и заливаются питьевой водой в соотношении 20 кг / 100 л. С помощью подачи пара в паровую рубашку экстрактора производится нагрев до температуры 90-98 °С. Экстракция проводится в течение 8 часов. По истечении времени готовности экстракта, готовый экстракт перекачивается через фильтр в варочный реактор.

Приготовление сиропа

После загрузки экстракта в варочный реактор, производится стандартизация экстракта по сухим веществам 5,5-6%. В экстракт, при постоянном перемешивании с помощью встроенной мешалки в реактор, добавляются согласно рецептуре расчетное количество сахара-песка и лимонной кислоты. Стандартизация сиропа по сухим веществам 68-70%. С помощью подачи пара в паровую рубашку производится нагрев до температуры 90 °С, и выдержка не менее 15 минут при температуре 90-95 °С. Далее при постоянном перемешивании сиропа не менее 10 минут вносится аскорбиновая кислота. Готовый сироп перед охлаждением пропускается через фильтр.

На розлив в накопительный бак подается сироп через теплообменный пластинчатый аппарат разборного типа с охлаждением до 60-70 °С.

Мойка ПЭТ бутылки перед розливом осуществляется паром под давлением $P = 3-5$ атм и $T = 95 - 100$ °С.

Упаковка готового продукта

Розлив сиропа осуществляется в пластиковую бутылку $V = 0.5$ мл. Температура сиропа должна быть не более 70 °С.

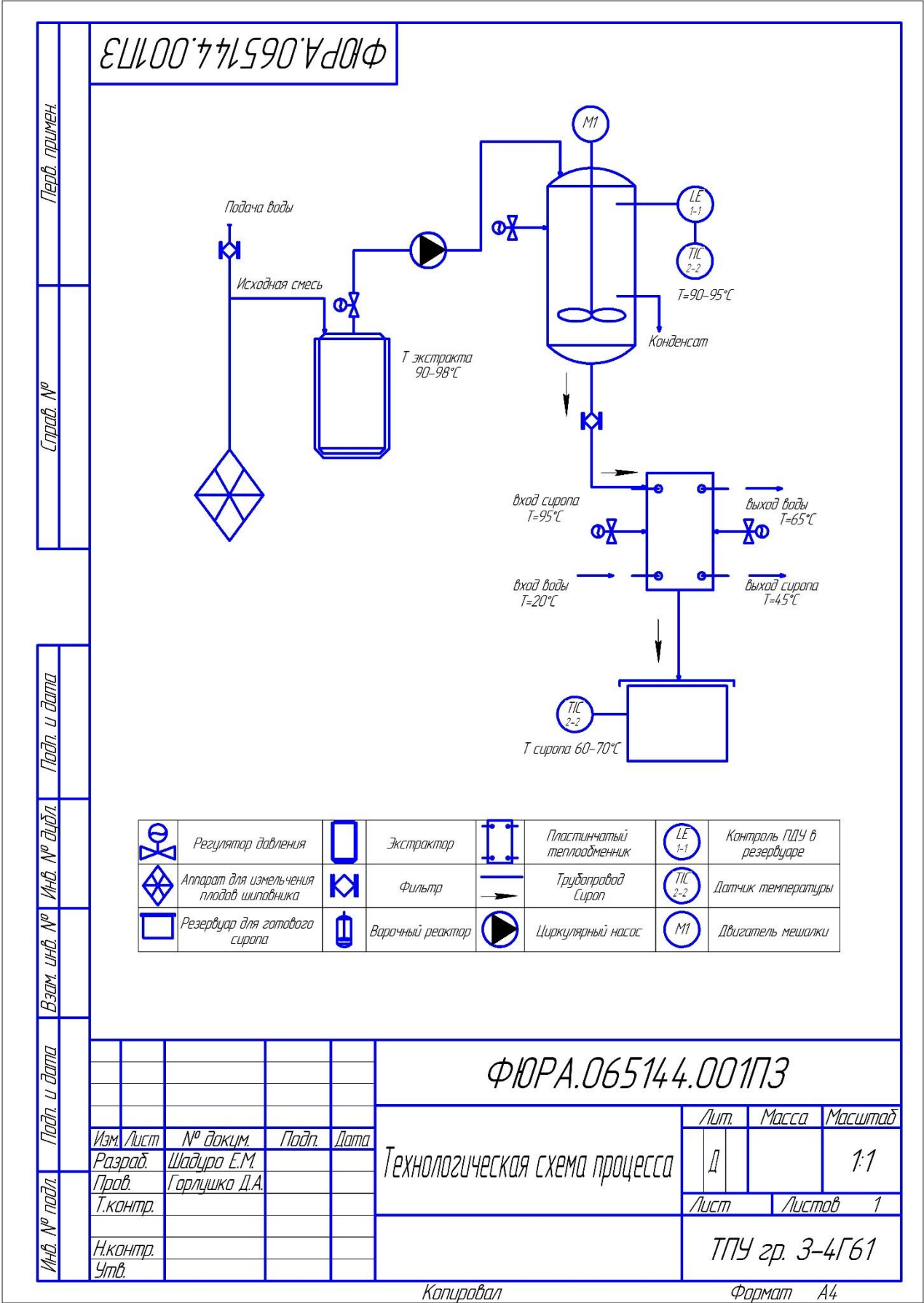
					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Блок-схема упаковки готового продукта представлена на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Блок -схема упаковки готового продукта

2.2 Технологическая схема процесса



3 Технологические расчеты

В данном разделе проводится технологический расчет теплообменного пластинчатого аппарата.

Технологические расчеты оборудования включают следующие стадии:

- составление материального баланса;
- составление энергетического (теплового) баланса;
- определение основных геометрических размеров оборудования.
- определение основных геометрических размеров оборудования (диаметра, высоты, площади поверхности теплопередачи).

По рассчитанным основным геометрическим размерам выбирается аппарат по нормативным документам – ГОСТу, ОСТу и т.д.

Пластинчатый теплообменник в разборном виде представлен на рисунке 3.1 [6].

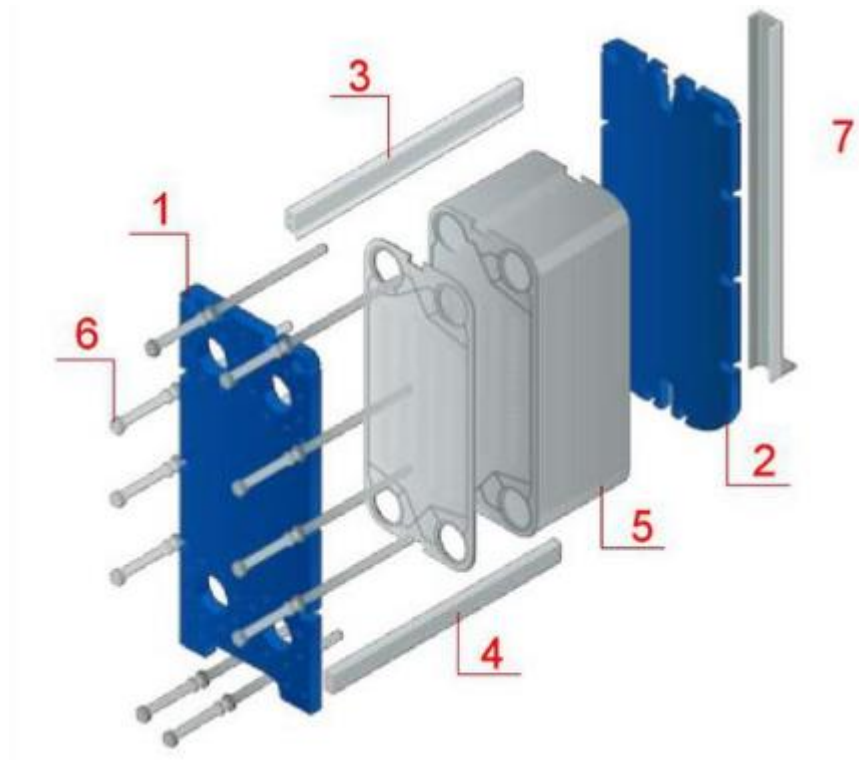


Рисунок 3.1 – Схема пластинчатого теплообменника [6]:

1 - неподвижная плита; 2 – прижимная плита; 3 – верхняя направляющая; 4 – нижняя направляющая; 5 – пластины с резиновыми прокладками; 6 – резьбовая стяжка; 7 – задняя стойка.

					ФЮРА.065144.001ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Шадуро Е.М.				Технологический расчет	Литера	Лист	Листов
Руковод.	Горлушко Д.А.					Д	22	7
Конс.						ТПУ, гр. 3-4Г61		
Н. контр.								
Руков. ООП	Беляев В.М.							

Условием теплового расчета является необходимость охладить сироп с начальной температуры 95 °С до конечной температуры 65 °С для дальнейшего розлива на хранение и транспортировку (продажу).

Исходные данные для технологического расчета представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Исходные данные для расчета

Среда	Начальная температура, °С	Конечная температура, °С	Расход среды, кг/с
Горячая среда - сироп	$t_{1н} = 95$	$t_{1к} = 45$	$G_1 = 0.56$
Холодная среда - вода	$t_{2н} = 20$	$t_{2к} = 65$	-

Определим разность температур сиропа Δt_1 и воды Δt_2 :

$$\Delta t_1 := t_{1н} - t_{2к} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 := t_{1к} - t_{2н} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Средняя температура сиропа $t_{1ср}$ и воды $t_{2ср}$ равны:

$$t_{1ср} := \frac{t_{1н} + t_{1к}}{2} = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{2ср} := \frac{t_{2н} + t_{2к}}{2} = 42.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Определим среднюю разность температур:

$$\Delta t_{ср} := \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2} = 2.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Теплофизические свойства сред представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Теплофизические свойства сред

Свойство	Горячая среда при $t_{1ср}$ (содержание сахара 60 %)	Холодная среда при $t_{2ср}$
Плотность, кг/м ³	$\rho_1 = 1290$	$\rho_2 = 991,2$
Теплопроводность, Вт/м*К	$\lambda_1 = 0.447$	$\lambda_2 = 0.631$
Теплоемкость, Дж/кг*К	$c_1 = 2996$	$c_2 = 4179$
Коэффициент динамической вязкости, Па*с	$\mu_1 = 7.18 \cdot 10^{-3}$	$\mu_2 = 0.624 \cdot 10^{-3}$

Тепловая нагрузка с учетом изменения температуры теплоносителя равна:

$$Q_1 := G_1 \cdot c_1 \cdot (t_{1H} - t_{1K}) = 8.389 \times 10^4 \text{ Вт}$$

Расход охлаждающей среды из уравнения теплового баланса:

$$G_2 := \frac{Q_1}{[c_2 \cdot (t_{2K} - t_{2H})]} = 0.446 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Количество тепла, передаваемое в 1 секунду горячим теплоносителем холодному:

$$Q_2 := 1.05 \cdot Q_1 = 8.808 \times 10^4 \text{ Вт}$$

Коэффициент теплопередачи от жидкости к жидкости примем равным по таблице 2.1 [6]:

$$K_{op} := 800 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Ориентировочная поверхность теплоотдачи равна:

$$F_{op} := \frac{Q_2}{K_{op} \cdot \Delta t_{cp}} = 20.725 \text{ м}^2$$

Для уточненного расчета примем следующие параметры теплообменника согласно таблице 2.13 [6]:

Площадь пластины, м ²	$f := 0.6$
Площадь поверхности теплообмена, м ²	$F := 25$
Число пластин, шт	$N := 44$
Масса аппарата, кг	$M := 1130$

3.1 Уточнённый расчет требуемой поверхности

Конструктивные характеристики пластин разборного теплообменника согласно таблице 2.14 [6]:

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Эквивалентный диаметр канала, м	$d_э := 8.3 \cdot 10^{-3}$
Поперечное сечение канала, м ²	$S := 24.5 \cdot 10^{-4}$
Приведенная длина канала, м	$L_{\pi} := 1.01$
Длина пластины, м	$a_1 := 1.375$
Ширина пластины, м	$b_1 := 0.6$
Толщина пластины, м	$\delta_{ст} := 0.001$

Так как в теплообменнике 44 пластины, то примем несимметричную пятипакетную компоновку пластин:

$$C_x: (4+4+4+4+4)/(6+6+6+6).$$

$$m_1 := 4$$

$$m_2 := 6$$

Найдем скорость горячей жидкости в 4 каналах [6]:

$$w_1 := \frac{G_1}{\rho_1 \cdot S \cdot m_1} = 0.044 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Критерий Прандля и Рейнольдса при скорости горячей жидкости w_1 :

$$Pr_1 := \frac{\mu_1 \cdot c_1}{\lambda_1} = 0.048$$

$$Re_1 := \frac{w_1 \cdot d_э \cdot \rho_1}{\mu_1} = 6.606 \times 10^4$$

Принимаем режим течения жидкости турбулентный, т.к. $Re_1 > 50$.

При турбулентном режиме течения жидкости и данной площади пластин, коэффициент a и показатели степени b и c равны [6]:

$$a := 0.135 \quad b := 0.73 \quad c := 0.33$$

Средняя температура стенки пластины в пластинчатом теплообменнике может быть определена, как среднее значение средних температур теплоносителя и хладагента [7]:

$$t_{срст} := \frac{t_{1ср} + t_{2ср}}{2} = 56.25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Теплофизические свойства стенки аппарата представлены в таблице 3.3.

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 3.3 - Теплофизические свойства стенки

Свойство	Обозначение и
Теплопроводность, Вт/м*К	$\lambda_{ст} = 0.437$
Теплоемкость, Дж/кг*К	$c_{ст} = 2929$
Коэффициент динамической вязкости, Па*с	$\mu_1 = 11.985 \cdot 10^{-3}$

Критерий Прандтля стенки:

$$Pr_{ст} := \frac{\mu_{ст} \cdot c_{ст}}{\lambda_{ст}} = 0.08$$

Критерий Нуссельта:

$$Nu_1 := a \cdot Re_1^b \cdot Pr_1^c \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{ст}} \right)^{0.25} = 144.019$$

Коэффициент теплоотдачи от горячей жидкости к стенке при $Re_1 > 50$:

$$\alpha_1 := \frac{\lambda_1 \cdot Nu_1}{d_3} = 7.756 \times 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Скорость холодной жидкости в 6 каналах [6]:

$$w_2 := \frac{G_2}{\rho_2 \cdot S \cdot m_2} = 0.031 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Критерий Прандтля и Рейнольдса при скорости холодной жидкости w_2 :

$$Pr_2 := \frac{\mu_2 \cdot c_2}{\lambda_2} = 4.133$$

$$Re_2 := \frac{w_2 \cdot d_3 \cdot \rho_2}{\mu_2} = 403.637$$

$Re_2 > 50$ т.е. режим течения жидкости - турбулентный.

При турбулентном режиме и площади пластин, коэффициент a и показатели степени b и c [6]:

$$a := 0.135 \quad b := 0.73 \quad c := 0.33$$

Критерий Нуссельта:

$$Nu_2 := a \cdot Re_2^b \cdot Pr_2^c \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{ст}} \right)^{0.25} = 46.121$$

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Коэффициент теплоотдачи от холодной жидкости к стенке при $Re_2 > 50$

$$\alpha_2 := \frac{\lambda_2 \cdot Nu_2}{d_3} = 3.506 \times 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Для воды хорошего качества тепловая проводимость загрязнений стенок по таблице 2.2 [6] равна $r_1=r_2=r$:

$$r := \frac{1}{5800} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

В качестве стали для теплообменника принимаем сталь марки АiSI 316.

Теплопроводность стали АiSI 316:

$$\lambda_{\text{стл}} := 15.9 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Сумма термических сопротивлений пластины толщиной 1 мм по табл. 2.14 [6]:

$$R := r + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{стл}}} + r = 4.077 \times 10^{-4} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Коэффициент теплопередачи равен [6]:

$$K := \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + R + \frac{1}{\alpha_2}} = 1.217 \times 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Расчетная поверхность теплопередачи [6]:

$$F_p := \frac{Q_2}{K \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = 28.956 \text{ м}^2$$

Запас поверхности:

$$\Delta := (F_p - F_{\text{ор}}) \frac{100}{F_p} = 28.425 \%$$

Исходя из расчетов принимаем разборный пластинчатый теплообменник с поверхностью теплопередачи $F = 25 \text{ м}^2$, поверхностью пластины $f = 0.6 \text{ м}^2$, количеством пластин $N = 44$, массой аппарата $M = 1130 \text{ кг}$.

По [8] подбираем исполнение теплообменника с пластинами поверхностью теплообмена 0.6 м^2 - Тип Р. Исполнение 2 (рисунок 3.2).

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

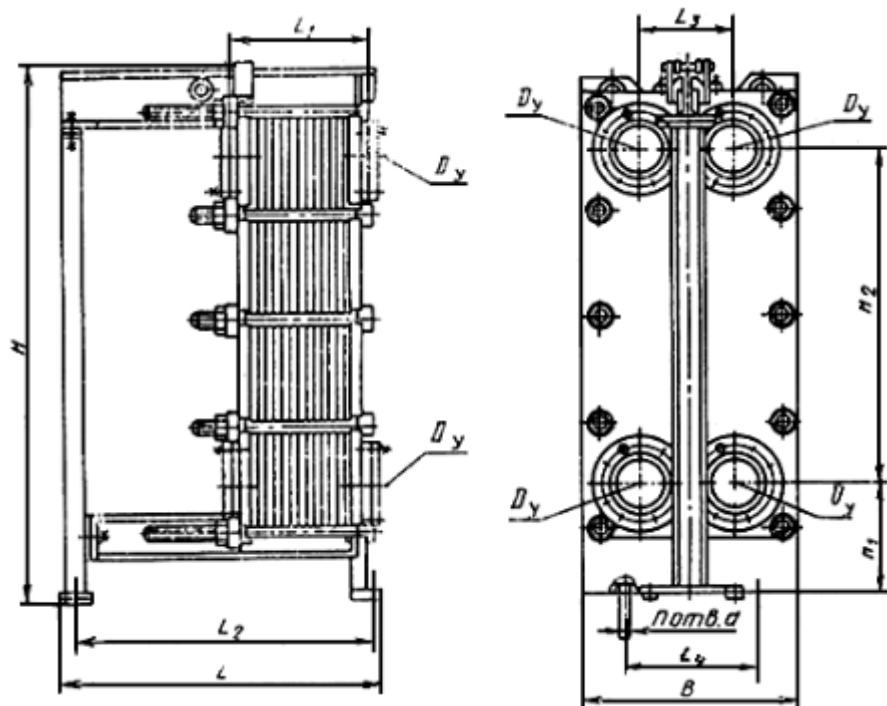


Рисунок 3.2- Теплообменный аппарат типа Р. Исполнение 2

Основные размеры ПТОА типа Р (исполнение 2) приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 - Основные размеры теплообменника

Наименование величин	Численное значение
Поверхность теплообмена пластины, м ²	f = 0.6
Поверхность теплообмена теплообменника, м ²	F = 25
Количество пластин, шт	N = 44
Расстояние между краевыми пластинами, мм	L ₁ = 335
Расстояние между анкерными болтами опор, мм	L ₂ = 470
Расстояние между центрами штуцеров по горизонтали, мм	L ₃ = 345
Расстояние между анкерными болтами, мм	L ₄ = 500
Расстояние между низом опоры и центром штуцера, мм	H ₁ = 345
Расстояние между центрами штуцеров по вертикали, мм	H ₂ = 1110
Расстояние между краями опор, мм	L = 605
Ширина неподвижной (прижимной) плиты, мм	B = 730
Высота пластинчатого теплообменника, мм	H = 1790

4 Конструктивный расчет теплообменника

Конструктивный расчет оборудования, включает:

-выбор конструкционных материалов для оборудования в зависимости от температуры, давления и среды (рабочие условия); коррозионные процессы, протекающие в оборудовании; анализ условий эксплуатации; выбор прокладочных материалов для разъемных соединений.

На рисунке 4.1 представлен разбор пластинчатого теплообменника. Теплообменник состоит из неподвижной и прижимной плит, между которыми располагается пакет стальных пластин, плотно прилегающих друг к другу, с уплотнительными прокладками.

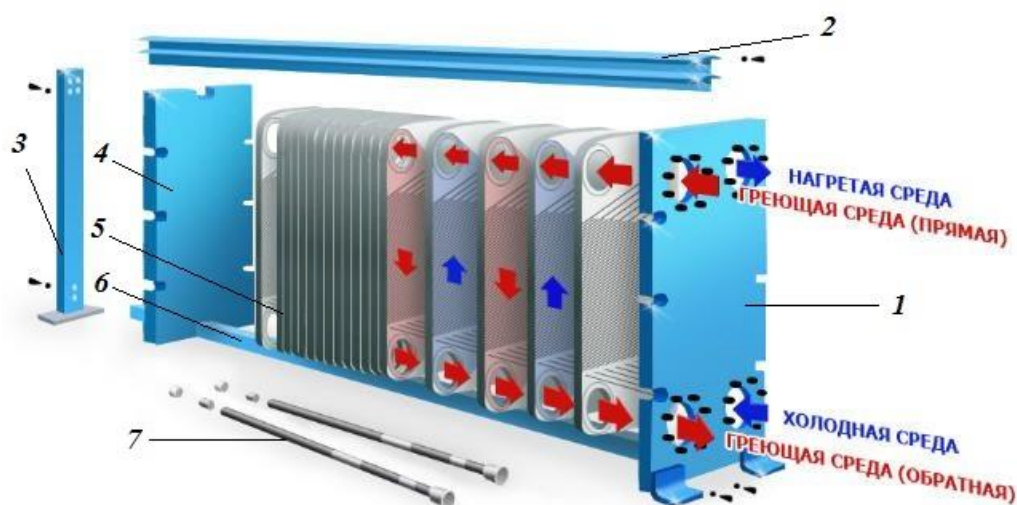


Рисунок 4.1 – Схема пластинчатого теплообменника в разборе:

1- неподвижная плита; 2 – направляющая верхняя; 3 – стойка задняя; 4 – плита прижимная; 5 – пакет пластин с прокладками; 6 – направляющая нижняя; 7 – шпильки стяжные

					ФЮРА.065144.001ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Шадуро Е.М.			Конструктивный расчет	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Горлушко Д.А.				Д	29	3
Конс.						ТПУ, гр. 3-4Г61		
Н. контр.								
Руков. ООП		Беляев В.М.						

4.1 Расчет патрубков и подбор фланцев

Исходные данные для расчета патрубков и фланцев приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные сред

Плотность сиропа, кг/м ³	$\rho_1 = 1.29 \cdot 10^3$
Плотность воды, кг/м ³	$\rho_2 = 991.2$
Расход горячей среды, кг/с	$G_1 = 0.56$
Расход холодной среды, кг/с	$G_2 = 0.446$

Скорость движения сиропа в патрубке [3]:

$$w_{\Pi} := 1 \text{ м/с}$$

Вычислим объемный расход горячей среды:

$$V := \frac{G_1}{\rho_1} = 4.341 \times 10^{-4} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Внутренний диаметр патрубка для ввода жидкости:

$$d_{\text{шт}1} := \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w_{\Pi}}} = 0.024 \text{ м}$$

Внутренний диаметр патрубка: $d_{\text{шт}1} := 0.025 \text{ м}$

Найдем скорость движения сиропа в штуцерах:

$$w_{\text{шт}1} := \frac{G_1}{\rho_1 \cdot 0.785 \cdot d_{\text{шт}1}^2} = 0.885 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Объемный расход холодной среды:

$$V := \frac{G_2}{\rho_2} = 4.5 \times 10^{-4} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Диаметр штуцера для ввода хладагента:

$$d_{\text{шт}2} := \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w_{\Pi}}} = 0.024 \text{ м}$$

Внутренний диаметр патрубка: $d_{\text{шт}2} := 0.025 \text{ м}$

Скорость движения холодной воды в штуцерах:

$$w_{шт2} := \frac{G_2}{\rho_2 \cdot 0.785 \cdot d_{шт2}^2} = 0.917 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Так как среда в теплообменнике не агрессивная, максимальная температура 100 °С и давление 1,0 МПа, то по рекомендациям [10] выбираем фланцевые соединения для патрубков с плоской привалочной поверхностью (рисунок 4.2).

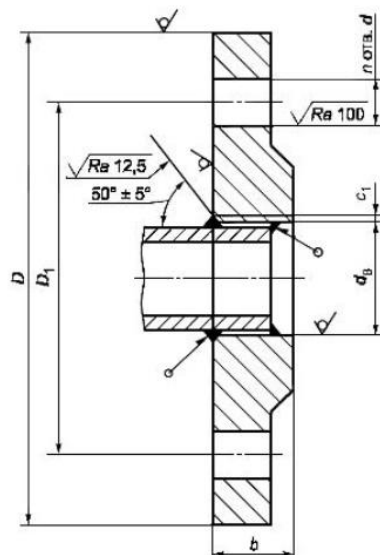


Рисунок 4.2 - Плоский стальной приварной фланец для штуцера

Характеристики фланца представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Размеры уплотнительной поверхности фланца $D_y = 150$ мм

Номинальный диаметр DN	Номинальное давление PN, кгс/см ²	dв		b		c ₁	D	D ₁	d	n	Номинальный диаметр болтов или шпилек
		Ряд 1	Ряд 2	Ряд 1	Ряд 2						
150	10	154	170.5	24	24	4	280	240	22	8	M16

5 Механический расчет теплообменника

Целью механического расчета является проверка надежности элементов конструкции аппарата в рабочих и условиях испытаний.

Так как данный теплообменник установлен в помещении производственной зоны, максимальная температура и давление не превышают 100 °С и 1,0 МПа, теплоносителем является сироп плодов шиповника, хладагентом - холодная вода, поэтому в качестве конструкционного материала выбираем сталь 10X17H13M2T. Элементы теплообменного аппарата (шпильки, опоры, фланцы и плиты) тоже изготавливаются из стали 10X17H13M2T.

Исходные данные для расчета представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Исходные данные для расчета

Наименование	Значение
Рабочее давление, МПа	$P_1=1.0$
Диаметр отверстия под штуцер, мм	$d_1=154$
Количество отверстий под штуцера, шт	$N=4$
Срок эксплуатации, лет	$\tau=10$
Скорость коррозии, мм/год	$K=0.1$
Ширина прокладки пластины, мм	$i = 13$
Длина плит, мм	$n=1775$
Ширина плиты, мм	$m=730$
Приведенный диаметр, мм	$D_b=1925$
Расчетная температура, °С	$T=150$

5.1 Определение расчетных параметров

Расчетное давление принимается равным рабочему давлению:

$$P := P_1 = 1 \quad \text{МПа}$$

Для стали 10X17H13M2T допускаемое напряжение для рабочих условий и условий гидравлических испытаний при температуре 20 °С равно [3, табл. А3]:

$$\sigma_p := 168 \quad \text{МПа} \qquad \sigma_{20} := 184$$

					ФЮРА.065144.001ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
Разраб.		Шадуро Е.М.			Механический расчет			Литера	Лист	Листов
Руковод.		Горлушко Д.А.						Д	32	17
Конс.								ТПУ, гр. 3-4Г61		
Н. контр.										
Руков. ООП		Беляев В.М.								

Пробное давление при условиях гидравлических испытаний:

$$P_{\text{и}} := 1.25 \cdot P \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_p} = 1.369 \text{ МПа}$$

Прибавка к расчетным толщинам стенки вычисляется по формуле 17 [7]:

$$c = c_1 + c_2 + c_3$$

$$c_1 := \tau \cdot K = 1 \text{ мм}$$

- прибавка для компенсации коррозии

$$c_2 := 0.05 \text{ мм}$$

- прибавка на минусовой допуск

Так как в процессе технологических операций изготовления не происходит утонения стенки, поэтому технологическая прибавка будет равна 0 [3]:

$$c_3 := 0$$

$$c := c_1 + c_2 + c_3 = 1.05$$

5.2 Расчет прямоугольных боковых плит

5.2.1 Расчет прижимной плиты

Схема расчета прижимной плиты представлена на рисунке 5.1.

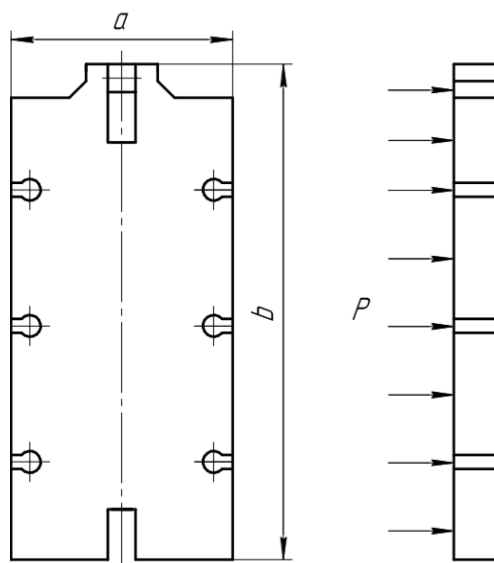


Рисунок 5.1 - Расчетная схема прижимной плиты

Номинальная толщина крышки в рабочих условиях [8]:

$$S_1 = S_{1R} + c$$

Расчетная толщина неподвижной плиты в рабочих условиях [8]:

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$S_{1R} = K_m \cdot Y \cdot m \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma_p}}$$

Коэффициент K_m [8]:

$$K_m := \frac{0.5 \cdot D_b}{D_{1H}}$$

$$D_{1H} := n + i = 1.788 \times 10^3 \text{ мм}$$

Расчетная толщина плиты:

$$S_{1R} := \max \left(K_m \cdot Y \cdot m \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma_p}}, K_m \cdot Y \cdot m \cdot \sqrt{\frac{P_{II}}{\sigma_{20}}} \right) = 44.202 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина плиты:

$$S_1 := S_{1R} + c = 45.252 \text{ мм}$$

Толщину прижимной плиты принимаем исходя из сортамента листового проката [17]:

$$S_{II} := 48 \text{ мм}$$

Допустимое давление при рабочих условиях равно:

$$P_d := \sigma_p \cdot \left(\frac{S_{II} - c}{K_m \cdot Y \cdot m} \right)^2 = 1.41 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности при рабочих условиях:

$$USL1 := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } \frac{P}{P_d} \leq 1 \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

USL1 = "Условие прочности выполняется" $\frac{P}{P_d} = 0.709$

Допустимое давление при условиях гидравлических испытаний:

$$P_{ди} := \sigma_{20} \cdot \left(\frac{S_{II} - c}{K_m \cdot Y \cdot m} \right)^2 = 1.545 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности при рабочих условиях гидравлических испытаний:

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$USL2 := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } \frac{P_{\text{и}}}{P_{\text{ди}}} \leq 1 \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$USL2 = \text{"Условие прочности выполняется"} \quad \frac{P_{\text{и}}}{P_{\text{ди}}} = 0.886$$

Условия прочности плиты толщиной 48 мм выполняется.

5.2.2 Расчет неподвижной плиты

Схема расчета неподвижной плиты представлена на рисунке 5.2.

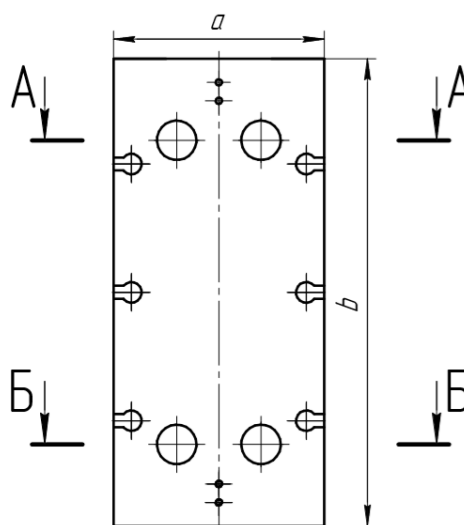


Рисунок 5.2 – Расчетная схема неподвижной плиты

Сечения А-А и Б-Б на расчетной схеме симметричны и имеют по 2 отверстия, неподвижная плита неизменна по своей толщине и высоте, поэтому можно рассчитать только одно сечение, так как они оба подвергаются равным нагрузкам.

Коэффициент ослабления [8]:

$$K_{oA} := \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{d_1 + d_1}{D_b} \right) + \left(\frac{d_1 + d_1}{D_b} \right)^2}} = 0.918$$

Применяя расчетное значение толщины прижимной плиты найдем расчетную толщину неподвижной плиты в сечении А-А в рабочих условиях:

$$S_{AR1} := \frac{S_{1R}}{K_{oA}} = 48.129 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина неподвижной плиты:

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$S_{1RA} := S_{AR1} + c = 49.179$$

Опираясь на [17] принимаем толщину неподвижной плиты равной:

$$S_{1A} := 50 \text{ мм}$$

Проверка условия прочности толщины неподвижной плиты:

$$USL3 := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } S_{AR1} > S_{1A} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$USL3 = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

Исходя из проверки условий прочности можно сделать вывод, что неподвижная плита толщиной 50 мм отвечает условиям прочности.

5.3 Расчет по выбору минимального диаметра крепежных деталей

5.3.1 Расчет по выбору минимального диаметра для шпильки стяжной

Прижимная и неподвижная плиты стянуты между собой стяжными шпильками.

Для уплотнения пластин и обеспечения герметичности в теплообменнике к пластине крепятся резиновые прокладки. После сборки и сжатия пластины (примерно на 40 %) [15] образуют две системы герметичных межпластинных каналов, по которым протекают жидкости, участвующие в теплообмене.

Исходные данные для расчета шпильки стяжной приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Исходные данные для расчета

Длина прокладки (по центру), мм	$A = 1335$
Ширина прокладки (по центру), мм	$B = 560$
Ширина уплотнительного пояса прокладки, мм	$i = 13$
Высота прокладки до обжатия, мм	$h_{np} = 4.4$
Относительное сжатие прокладки	$\varepsilon = 0.4$
Количество стяжек резьбовых, шт	$z = 6$
Коэффициент, учитывающий трение при стяжке гаек	$\zeta = 0.26$
Наружный диаметр резьбы шпильки стяжной, мм	$d_0 = 48$
Коэффициент запаса плотности	$k = 2.5$
Коэффициент трения резина-металл	$f = 0.6$
Величина сжатия прокладки, мм	$\Delta h = 1.76$
Длина прокладки (по внутренней стороне), мм	$A_1 = 1322$
Ширина прокладки (по внутренней стороне), мм	$B_1 = 547$

5.3.2 Определение расчетных параметров

Модуль упругости резины, МПа

$$E_{\text{пр}} := 4 \cdot \left(1 + \frac{i}{h_{\text{пр}}} \right) = 15.818$$

Для шпильки стяжной из стали 10X17H13M2T номинальное допускаемое напряжение при рабочих условиях σ_w и при условиях гидравлических испытаний σ_{wh} по таблице А.1 [7]

$$\sigma_w := \sigma_p = 168 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{wh} := \sigma_{20} = 184 \text{ МПа}$$

$$M_k := 150000 \text{ Н·мм}$$

Момент на ключе при стяжке гаек равен:

Усилие необходимое для обжатия прокладки:

$$F_{o6} := 2 \cdot (A + B) \cdot i \cdot E_{\text{пр}} \cdot \varepsilon = 3.117 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$F_2 := 2 \cdot (A + B) \cdot i \cdot P = 4.927 \times 10^4 \text{ Н}$$

$$F_p := A \cdot B \cdot P = 7.476 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$F_{2h} := 2 \cdot (A + B) \cdot i \cdot P_{\text{и}} = 6.745 \times 10^4 \text{ Н}$$

$$F_h := A \cdot B \cdot P_{\text{и}} = 1.024 \times 10^6 \text{ Н}$$

Усилие начальной затяжки гаек:

$$F_0 := \frac{M_k \cdot z}{\zeta \cdot d_0} = 7.212 \times 10^4 \text{ Н}$$

Гидростатическое усилие от рабочего давления F_{0wp} и давления гидравлических испытаний F_{0wh} :

$$F_{0wp} := \max \left(\begin{pmatrix} F_{o6} \\ F_2 + F_p \\ F_0 \end{pmatrix} \right) = 7.969 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$F_{0wh} := \max \left(\begin{pmatrix} F_{o6} \\ F_{2h} + F_h \\ F_0 \end{pmatrix} \right) = 1.091 \times 10^6 \text{ Н}$$

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Минимальный расчетный диаметр шпильки стяжной определяется как максимальный при расчетном давлении и давлении гидравлических испытаний:

$$d_{wp} := \sqrt{1.27 \cdot \frac{F_{0wp}}{z \cdot \sigma_w}} = 31.686 \text{ мм} \quad d_{wh} := \sqrt{1.27 \cdot \frac{F_{0wh}}{z \cdot \sigma_{wh}}} = 35.426 \text{ мм}$$

Проверка условия прочности минимального диаметра шпильки стяжной:

$$Usl_4 := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \max(d_{wp}, d_{wh}) \geq d_0 \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl_4 = \text{"Условие прочности выполняется"} \quad \frac{\max(d_{wp}, d_{wh})}{d_0} = 0.738$$

5.3.3 Расчет по выбору минимального диаметра стержня болтов

Момент на ключе при затяжке болтов:

$$M_k := 160000 \text{ Н·мм}$$

Наружный диаметр резьбы стержня болтов:

$$d_0 := 20 \text{ мм}$$

Усилие на болтах при затяжке болтов:

$$F_{0w} := \frac{M_k}{\zeta \cdot d_0} = 3.077 \times 10^4 \text{ Н}$$

Минимальный диаметр стержня болтов:

$$d_w := \sqrt{1.27 \cdot \frac{F_{0w}}{\sigma_w}} = 15.251 \text{ мм}$$

Проверка условия прочности минимального диаметра стержня болтов:

$$Usl_5 := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } d_w \geq d_0 \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl_5 = \text{"Условие прочности выполняется"} \quad \frac{d_w}{d_0} = 0.763$$

5.4 Расчет прокладок на распор гидростатическим давлением

Сжимающее напряжение в прокладке:

$$q := E_{пр} \cdot \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon} = 10.545 \text{ МПа}$$

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

По величине силы нормального давления на прокладку реакция прокладки будет равна:

$$U := 2 \cdot (A + B) \cdot i \cdot q = 5.196 \times 10^5$$

Максимальное внутреннее давление, при котором сохраняется плотность соединения [15]:

$$p := \frac{1}{k} \cdot \frac{f \cdot U}{(A_1 + B_1) \cdot h_{\text{пр}} \cdot (1 - \epsilon)} = 25.272$$

Проверка условия сохранения плотности соединения:

$$\text{Usl_6} := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } p < P_{\text{и}} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Usl_6 = "Условие прочности выполняется"

При гидравлическом ударе совершается выдавливание прокладок, но разрушения прочих элементов конструкции не происходит, что разрешает дальнейшее применение теплообменника после переборки и гидравлических испытаний.

5.5 Прочностной расчет фланцевого соединения

Схема фланцевого соединения представлена на рисунке 5.3.

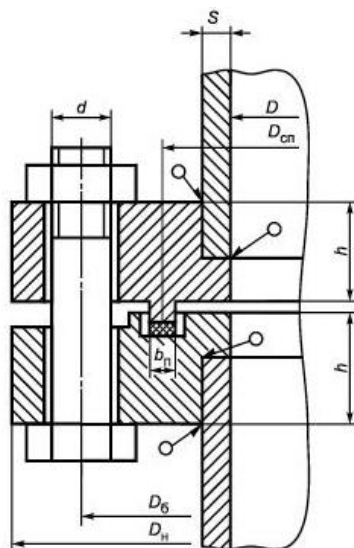


Рисунок 5.3 - Фланцевое соединение

Исходные данные для расчета фланцевого соединения представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Исходные для расчета

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Внутренний диаметр фланца, мм	$D = 150$
Расчетное давление, МПа	$P = 1$
Число болтов, шт	$n = 8$
Прибавка на коррозию, мм	$c_1 = 1$
Максимальная температура среды, °C	$t = 100$
Диаметр болтовой окружности, мм	$D_6 = 240$
Наружный диаметр прокладки, мм	$D_{\text{нп}} = 206$
Наружный диаметр фланца, мм	$D_{\text{н}} = 280$
Ширина прокладки, мм	$b_{\text{п}} = 22.5$
Высота прокладки, мм	$h_{\text{п}} = 2$
Толщина тарелки фланца, мм	$h = 18$
Толщина стенки патрубка, мм	$s = 10$
Материал прокладок [16]	паронит ПОН

5.5.1 Определение основных расчетных значений

Определение основных расчетных значений для стали 10X17H13M2T приведены в таблице 5.4 [9].

Таблица 5.4 – Основные расчетные значения

Расчетная температура плоских стальных фланцев, °C	$t_{\phi} := 0.96 \cdot t = 96$
Расчетная температура шпилек, °C	$t_6 := 0.85 \cdot t = 85$
Допускаемое напряжение для болтов из стали 10X17H13M2T, МПа	$\sigma_{д.6} := \text{linterp}(t, \sigma, t_6) = 105.938$
Модуль упругости для болтов из стали 10X17H13M2T, МПа	$E_6 := 2.06 \cdot 10^5$
Допускаемое напряжение для болтов при $t = 20$ °C, МПа	$\sigma_{206} := 110$
Модуль упругости для болтов при $t = 20$ °C, МПа	$E_{206} := 2.06 \cdot 10^5$
Коэффициент линейного расширения стали 10X17H13M2T при $t = 20-200$ °C, $1/^\circ\text{C}$	$\alpha_6 := 17 \cdot 10^{-6}$ $\alpha_{\phi} := 17 \cdot 10^{-6}$
Допускаемые напряжения для фланцев и патрубка из стали 10X17H13M2T, МПа	$\sigma := \sigma_p = 168$
Модуль упругости для фланцев из стали 10X17H13M2T при расчетной температуре, МПа	$E := 2.06 \cdot 10^5$

Коэффициент увеличения допускаемых напряжений при затяжке согласно рекомендациям [9]: $\xi := 1.2$

Коэффициенты условий работы согласно рекомендациям [9] представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 - Коэффициенты условий работы

Коэффициент	Значение
Коэффициент для рабочих условий	$K_{y.p.p} := 1$
Коэффициент для условий испытаний	$K_{y.p.и} := 1.35$
Коэффициент условий затяжки при обычной неконтролируемой затяжке	$K_{y.z} := 1$
Коэффициент учета нагрузки от температурных деформаций при расчете фланцев	$K_{y.т} := 1.3$

Для болтов из стали 10X17H13M2T допускаемые напряжения при затяжке в рабочих условиях и при расчете на условия испытания равны [9]:

$$\sigma_{д6м} := \xi \cdot K_{y.p.p} \cdot K_{y.z} \cdot K_{y.т} \cdot \sigma_{206} = 171.6 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{д6р} := \xi \cdot K_{y.p.и} \cdot K_{y.z} \cdot K_{y.т} \cdot \sigma_{206} = 231.66 \text{ МПа}$$

5.5.2 Усилия, необходимые для смятия прокладки и обеспечения герметичности фланцевого соединения

Характеристики плоской прокладки представлены в таблице 5.6 [9].

Таблица 5.6 – Характеристики прокладки

Характеристика	Значение
Эффективная ширина прокладки, мм	$b_0 := 3.8 \cdot \sqrt{b_{п}} = 18.025$
Расчетный диаметр прокладки, мм	$D_{сп} := D_{нп} - b_0 = 187.975$
Прокладочный коэффициент	$m = 2.5$
Удельное давление обжатия прокладки, МПа	$q_{обж} := 20$
Допускаемое удельное давление, МПа	$q_d := 130$
Коэффициент обжатия	$K_{обж} := 0.9$
Условный модуль сжатия прокладки, МПа	$E_{п} := 0.02 \cdot 10^5$

Усилие, необходимые для смятия прокладки при затяжке $P_{обж}$ и для обеспечения герметичности фланцевого соединения в рабочих условиях $R_{п}$ [9]:

$$P_{обж} := 0.5 \pi \cdot D_{сп} \cdot b_0 \cdot q_{обж} = 1.064 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$R_{п} := \pi \cdot D_{сп} \cdot b_0 \cdot m \cdot P_{и} = 3.643 \times 10^4 \text{ Н}$$

5.5.3 Усилия в шпильках фланцевого соединения при затяжке и в рабочих условиях

Площадь поперечного сечения болта М20 с наружным диаметром 20 мм согласно таблице Д.1 [9]:

$$f_b := 225 \text{ мм}^2$$

Суммарная площадь сечения болтов по внутреннему диаметру резьбы или нагруженному сечению наименьшего диаметра определяется по формуле 10 [9]:

$$Q_d := \frac{\pi}{4} \cdot D_{сп}^2 \cdot P_{и} = 3.799 \times 10^4 \text{ Н}$$

5.4.3.1 Податливость прокладки и болтов

Податливость прокладки определяется по формуле К.1 [9]:

$$y_{п} := \frac{h_{п} \cdot K_{обж}}{E_{п} \cdot \pi \cdot D_{сп} \cdot b_{п}} = 6.773 \times 10^{-8}$$

Расстояние между опорными поверхностями гайки и болта принимается равным:

$$L_{60} := 36 \text{ мм}$$

При определении податливости эффективная длина болта будет равна [9]:

$$L_6 := L_{60} + 0.56 \cdot d = 47.2 \text{ мм}$$

Податливость болтов [9]:

$$y_6 := \frac{L_6}{E_{206} \cdot A_6} = 1.273 \times 10^{-7} \text{ мм/Н}$$

5.4.3.2 Расчетные параметры и угловая податливость фланцев

Основные расчетные параметры фланцев представлены в таблице 5.7 [9].

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 5.7 – Расчетные параметры фланцев

Параметр	Значение
Длина обечайки, мм	$l_0 := \sqrt{D \cdot s} = 38.73$
Отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру	$K := \frac{D_H}{D} = 1.867$
Коэффициенты, зависящие от соотношения размеров тарелки фланца	$\beta_T := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{(1.05 + 1.945 \cdot K^2) \cdot (K - 1)} = 1.557$ $\beta_U := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{1.36(K^2 - 1) \cdot (K - 1)} = 3.606$ $\beta_Y := \frac{1}{(K - 1)} \cdot \left[0.69 + 5.72 \cdot \frac{K^2 \cdot \log(K)}{(K^2 - 1)} \right] = 3.305$ $\beta_Z := \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} = 1.805$
Коэффициенты для фланцевых соединений с плоскими фланцами	$\beta_F := 0.91$ $\beta_V := 0.55$ $f_m := 1$
Коэффициент λ	$\lambda := \frac{\beta_F \cdot h + l_0}{\beta_T \cdot l_0} + \frac{(\beta_V \cdot h^3)}{\beta_U \cdot l_0 \cdot s^2} = 1.144$

Угловая податливость фланца при затяжке равна [9]:

$$y_\Phi := \frac{0.91 \cdot \beta_V}{E_{20} \cdot \lambda \cdot l_0 \cdot s^2} = 5.485 \times 10^{-10} \quad \frac{1}{\text{Н} \cdot \text{мм}}$$

Коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между болтами определяется по формуле К.18 [9]:

$$C_F := \max \left(1, \sqrt{\frac{\frac{\pi \cdot D_6}{n}}{2 \cdot d + \frac{6 \cdot h}{m + 0.5}}} \right) = 1.114$$

Приведенный диаметр плоского фланца находится согласно рекомендациям [9]:

$$D_{\text{пр}} := D$$

5.4.3.3 Расчет плеч действия сил и коэффициентов жесткости

Плечо действия усилий в болтах для плоских фланцев [9]:

$$b := 0.5(D_6 - D_{сп}) = 26.012 \text{ мм}$$

Эквивалентная толщина плоских фланцев [9]:

$$S_3 := s = 10 \text{ мм}$$

Плечо усилия от действия давления на фланец [9]:

$$e := 0.5(D_{сп} - D - S_3) = 13.988 \text{ мм}$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения для плоских фланцев [9]:

$$\gamma := \frac{1}{y_{\Pi} + y_6 \cdot \frac{E_{206}}{E_6} + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\Phi} \cdot \frac{E_{20}}{E}} = 1.067 \times 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внутренним давлением или внешней осевой силой для фланцев с плоскими прокладками [9]:

$$\alpha := 1 - \frac{y_{\Pi} - 2 \cdot e \cdot y_{\Phi} \cdot b}{y_{\Pi} + y_6 + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\Phi}} = 1.354$$

Нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций, в соединениях с плоскими фланцами [9]:

$$Q_t := \gamma \cdot [2\alpha_{\Phi} \cdot h \cdot (t_{\Phi} - 20) - 2\alpha_6 \cdot h \cdot (t_6 - 20)] = 7.182 \times 10^3 \text{ Вт}$$

Расчетные нагрузки определяются согласно [9]:

- на болты при затяжке, необходимые для обеспечения в рабочих условиях давления на прокладку, достаточного для герметизации фланцевого соединения:

$$P_{61} := \max \left(\left(\frac{\alpha \cdot Q_d + R_{\Pi}}{\alpha \cdot Q_d + R_{\Pi} - Q_t} \right) \right) = 8.786 \times 10^4 \text{ Н}$$

- для обжатия прокладки и минимального начального натяжения болтов:

$$P_{62} := \max [(P_{обж}), 0.4 \cdot A_6 \cdot \sigma_{206}] = 1.064 \times 10^5 \text{ Н}$$

- на болты фланцевых соединений при затяжке фланцевого соединения:

$$P_{6м} := \max (P_{61}, P_{62}) = 1.064 \times 10^5 \text{ Н}$$

- на болты фланцевых соединений в рабочих условиях:

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P_{6p} := P_{6m} + (1 - \alpha) \cdot Q_d + Q_t = 1.002 \times 10^5 \text{ Н}$$

5.5.4 Проверка прочности болтов и прокладки

Расчетные напряжения на болтах [9]:

- при затяжке:

- в рабочих условиях:

$$\sigma_{61} := \frac{P_{6m}}{A_6} = 59.136 \text{ МПа} \quad \sigma_{62} := \frac{P_{6p}}{A_6} = 55.663 \text{ МПа}$$

Проверка условий прочности болтов при затяжке и в рабочих условиях [9]:

$$Usl_7 := \begin{cases} \text{"Условия при затяжке НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{61} > \sigma_{d6m} \\ \text{"Условия в рабочих условиях НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{62} > \sigma_{d6p} \\ \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Usl_7 = "Условия прочности выполняются"

Удельное давление на прокладку [9]:

$$q := \frac{\max(P_{6m}, P_{6p})}{\pi \cdot D_{сп} \cdot b_{п}} = 8.011 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности прокладки:

$$Usl_8 := \begin{cases} \text{"Условие прочности прокладки НЕ выполняется"} & \text{if } q > q_d \\ \text{"Условие прочности прокладки выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Usl_8 = "Условие прочности прокладки выполняется"

5.5.5 Расчет фланцев на статическую прочность

Фланцы необходимо рассчитать на статическую прочность, для этого нужно найти расчетный изгибающий момент, действующий на фланец при затяжке и в рабочих условиях [9].

-при затяжке:

$$M_m := C_F \cdot P_{6m} \cdot b = 3.083 \times 10^6 \text{ Н·мм}$$

-в рабочих условиях:

$$M_p := C_F \cdot \max[P_{6p} \cdot b + (Q_d) \cdot e, |Q_d| \cdot e] = 3.494 \times 10^6 \text{ Н·мм}$$

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расчетные напряжения во фланце при затяжке приведены в таблице 5.8 при рабочих условиях в таблице 5.9 [9].

Таблица 5.8 – Расчетные напряжения во фланце при затяжке

Напряжение	Значение
Меридиональное изгибное напряжение в обечайке плоского фланца, МПа	$\sigma_{0M} := \frac{M_M}{\lambda \cdot (s - c)^2 \cdot D_{пр}} = 224.376$ $\sigma_{1M} := \sigma_{0M} = 224.376$
Радиальное напряжение в тарелке плоского фланца в условиях затяжки, МПа	$\sigma_{RM} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_M = 86.675$
Окружное напряжение в тарелке плоского фланца в условиях затяжки, МПа	$\sigma_{TM} := \frac{\beta_Y \cdot M_M}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{RM} = 53.255$

Таблица 5.9 - Расчетные напряжения во фланце в рабочих условиях

Напряжение	Значение
Меридиональные изгибные напряжения для плоских фланцев, МПа	$\sigma_{1p} := \frac{M_p}{\lambda \cdot (s - c)^2 \cdot D_{пр}} = 254.263$ $\sigma_{0p} := \sigma_{1p} = 254.263$
Меридиональные мембранные напряжения в обечайке плоского фланца, МПа	$\sigma_{p0mm} := \frac{Q_d}{\pi \cdot (D + s) \cdot s - c} = 7.56$
Окружные мембранные напряжения от действия давления в обечайке плоского фланца, МПа	$\sigma_{pomo} := \frac{P_H \cdot D}{2 \cdot (s - c)} = 11.472$
Радиальное напряжение в тарелке плоского фланца в рабочих условиях, МПа	$\sigma_{Rp} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_p = 98.221$
Окружное напряжение в тарелке плоского фланца в рабочих условиях, МПа	$\sigma_{Tp} := \frac{\beta_Y \cdot M_p}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{Rp} = 60.349$

$K_T := 1.3$ при расчете с учетом стесненности температурных деформаций.

Допускаемое значение общих мембранных и изгибных напряжений и допускаемое значение суммарных общих и местных условных упругих мембранных и изгибных напряжений рассчитывается в соответствии с [9]:

$$\sigma_{д.м} := 1.5 \cdot \sigma = 252 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{д.Р} := 3 \cdot \sigma = 504 \text{ МПа}$$

Для плоских фланцев условия статической прочности [9]:

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

- в рабочих условиях

$$\sigma_{Pmax} := \max \left(\left(\begin{array}{c} |\sigma_{0p} - \sigma_{P0mm} + \sigma_{Rp}| \\ |\sigma_{0p} - \sigma_{P0mm} + \sigma_{Rp}| \\ |\sigma_{0p} + \sigma_{P0mm}| \end{array} \right) \right)$$

$$Usl_9 := \left| \begin{array}{l} \text{"Условия прочности выполняются"} \text{ if } \sigma_{Pmax} \leq 1.3 \cdot \sigma_{д.м} \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} \text{ otherwise} \end{array} \right.$$

Usl_9 = "Условия прочности выполняются"

- при затяжке

$$\sigma_{3max} := \max \left(|\sigma_{0m} + \sigma_{Rm}|, |\sigma_{0m} + \sigma_{Tm}| \right)$$

Проверка условий статистической прочности при затяжке:

$$Usl_10 := \left| \begin{array}{l} \text{"Условия прочности выполняются"} \text{ if } \sigma_{3max} \leq K_T \cdot \sigma_{д.м} \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} \text{ otherwise} \end{array} \right.$$

Usl_10 = "Условия прочности выполняются"

Для фланцев всех типов в сечении S_0 должно выполняться условие [9]:

$$Usl_11 := \left| \begin{array}{l} \text{"Условия прочности выполняются"} \text{ if } \max \left(|\sigma_{Pomo}|, |\sigma_{P0mm}| \right) \leq \sigma \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} \text{ otherwise} \end{array} \right.$$

Usl_11 = "Условия прочности выполняются"

Для тарелок плоских фланцев должны выполняться следующие условия:

- при затяжке по формуле 54 [9]

Проверка условий для тарелок плоских фланцев при затяжке:

$$Usl_12 := \left| \begin{array}{l} \text{"Условия прочности выполняются"} \text{ if } \max \left(|\sigma_{Rm}|, |\sigma_{Tm}| \right) \leq K_T \cdot \sigma \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} \text{ otherwise} \end{array} \right.$$

Usl_12 = "Условия прочности выполняются"

- в рабочих условиях по формуле 55 [9]:

$$Usl_13 := \left| \begin{array}{l} \text{"Условия прочности выполняются"} \text{ if } \max \left(|\sigma_{Rp}|, |\sigma_{Tp}| \right) \leq K_T \cdot \sigma \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} \text{ otherwise} \end{array} \right.$$

Usl_13 = "Условия прочности выполняются"

5.5.6 Проверка углов поворота фланцев

Угол поворота приварного встык фланца равен [9]:

$$\Theta := M_p \cdot y_{\Phi} \cdot \frac{E_{20}}{E} = 1.917 \times 10^{-3} \text{ рад}$$

Допустимый угол поворота приварного встык фланца [9]:

$$\Theta_d := 0.006 \text{ рад}$$

$$Usl_14 := \begin{cases} \text{"Условие при испытаниях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > 1.3 \cdot \Theta_d \\ \text{"Условие в рабочих условиях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > \Theta_d \\ \text{"Условие поворота фланца выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl_14 = \text{"Условие поворота фланца выполняется"}$$

5.5.7 Проверка малоциклового прочностии элементов фланцевого соединения

Расчет на малоцикловую прочность элементов фланцевого соединения [12] можно не производить, так как в [10] есть положительные результаты эксплуатации подобных элементов фланцевого соединения при таких же условиях работы и сроке эксплуатации.

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6 Поверочный расчет теплообменного аппарата

6.1 Расчет на прочность стяжек резьбовых

Исходные данные для расчета стяжек резьбовых на прочность представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Исходные данные для расчета

Средняя температура стяжек, °С	$\Delta T = 90$
Усилие начальной затяжки гаек, Н	$F_0 = 7.212 \times 10^4$
Гидростатическое усилие от рабочего давления, Н	$F_{0wp} = 7.969 \times 10^5$
Длина участка пластин, мм	$l_n = 710$
Свободная длина шпильки стяжной, мм	$l_{III} = 1280$
Наружный диаметр шпильки стяжной, мм	$d_0 = 48$
Количество стяжек резьбовых	$z = 6$
Минимальный расчетный диаметр стержня шпильки стяжной при давлении гидравлического испытания, мм	$d_{wh} = 35.426$
Гидростатическое усилие от давления гидравлических испытаний, Н	$F_{0wh} = 1.091 \times 10^6$
Эффективный коэффициент концентрации напряжения	$K_\sigma = 2$
Коэффициент запаса прочности по напряжениям	$n_N = 2$
Коэффициент запаса прочности по числу циклов	$n_\sigma = 2$

Расчетные параметры для стали 10X17H13M2T пластин и стяжек резьбовых представлены в таблице 6.2 [4].

Таблица 6.2 – Расчетные параметры

Допускаемое напряжение для стали 10X17H13M2T, МПа	$\sigma_d := \sigma_p = 168$
Коэффициент линейного расширения материала пластин 10X17H13M2T и материала стяжек резьбовых 10X17H13M2T, 1/°С	$\alpha_1 := 17 \cdot 10^{-6}$ $\alpha_2 := 17 \cdot 10^{-6}$
Модуль упругости для стали 10X17H13M2T, МПа	$E_{III} := 2 \cdot 10^5$

Условие напряжения растяжения в шпильках стяжных:

$$\sigma_{pш} \leq \sigma_{III}$$

					ФЮРА.065144.001ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Шадуро Е.М.				Поверочный расчет	Литера	Лист	Листов
Руковод.	Горлушко Д.А.					Д	49	6
Конс.						ТПУ, гр. 3-4Г61		
Н. контр.								
Руков. ООП	Беляев В.М.							

Площадь поперечного сечения стержня шпильки стяжной:

$$A_{\text{ш}} := 0.785 \cdot d_{\text{wh}}^2 = 985.168 \text{ мм}^2$$

Коэффициент податливости стяжек резьбовых:

$$\lambda_{\text{ш}} := \frac{l_{\text{ш}} + 0.6 \cdot d}{z \cdot E_{\text{ш}} \cdot A_{\text{ш}}} = 1.093 \times 10^{-6} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

Так как коэффициент линейного расширения пластины равен коэффициенту линейного расширения резьбовых стяжек, усилия в шпильках будут равны:

$$F_T := \frac{(\alpha_2 - \alpha_1) \cdot l_{\text{п}} \cdot \Delta T}{\lambda_{\text{ш}}} = 0$$

Растягивающие усилия в шпильках стяжных:

-при затяжке гаек:

$$F_{\text{шг}} := F_0 = 7.212 \times 10^4 \text{ Н}$$

-от механических воздействий:

$$F_{\text{шм}} := F_0 + F_{0\text{wp}} = 8.69 \times 10^5 \text{ Н}$$

-от механических и температурных воздействий в рабочих условиях:

$$F_{\text{шмт}} := F_0 + F_{0\text{wp}} + F_T = 8.69 \times 10^5$$

-при гидравлических испытаниях:

$$F_{\text{ши}} := F_0 + F_{0\text{wh}} = 1.163 \times 10^6 \text{ Н}$$

Расчетные напряжения растяжения в шпильках стяжных равны:

-при затяжке гаек:

$$\sigma_{\text{ршг}} := \frac{F_{\text{шг}}}{A_{\text{ш}} \cdot z} = 12.2 \text{ МПа}$$

-при гидравлических испытаниях:

$$\sigma_{\text{рши}} := \frac{F_{\text{ши}}}{A_{\text{ш}} \cdot z} = 196.763 \text{ МПа}$$

-от механических и температурных воздействий в рабочих условиях:

$$\sigma_{\text{ршмт}} := \frac{F_{\text{шмт}}}{A_{\text{ш}} \cdot z} = 147.011 \text{ МПа}$$

-от механических нагрузок в рабочих условиях:

$$\sigma_{\text{ршм}} := \frac{F_{\text{шм}}}{A_{\text{ш}} \cdot z} = 147.011 \text{ МПа}$$

Напряжение кручения в стержне болта будет равно:

$$\tau_{\text{ш}} := \frac{M_k}{2 \cdot 0.196 \cdot d_{\text{wh}}^3} = 9.181$$

Условие приведенного напряжения в шпильке стяжной по суммам составляющих нагрузок:

$$\sigma_{4\text{рш}} < \sigma_{4\text{ш}}$$

Напряжения в шпильках стяжных и по сумме составляющих нагрузок представлены в таблице 6.3.

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 6.3 - Напряжения в шпильках стяжных

Допускаемые напряжения растяжения в шпильках стяжных:	
- при затяжке гаек и от механически нагрузок в рабочих условиях, МПа	$\sigma_{шг} := \sigma_d = 168$ $\sigma_{шм} := \sigma_{шг} = 168$
- от механических и температурных воздействий в рабочих условиях, МПа	$\sigma_{шмт} := 1.3 \cdot \sigma_d = 218.4$
- при гидроиспытаниях, МПа	$\sigma_{ши} := 1.6 \cdot \sigma_d = 268.8$
Приведенное расчетное напряжение в шпильке стяжной по суммам составляющих нагрузок:	
- при затяжке гаек, МПа	$\sigma_{4ршг} := \sqrt{\sigma_{ршг}^2 + 4 \cdot \tau^2} = 22.045$
- от механических нагрузок в рабочих условиях, МПа	$\sigma_{4ршм} := \sqrt{\sigma_{ршм}^2 + 4 \cdot \tau^2} = 148.154$
- от механических и температурных воздействий в рабочих условиях, МПа	$\sigma_{4ршмт} := \frac{F_{шмт}}{A_{ш} \cdot z} = 147.011$
- при гидравлических испытаниях, МПа	$\sigma_{4ши} := 1.8 \cdot \sigma_d = 302.4$
Приведенное допускаемое напряжение в шпильке стяжной по суммам составляющих нагрузок:	
- при затяжке гаек, МПа	$\sigma_{4шг} := \sigma_d = 168$
- от механически нагрузок в рабочих условиях, МПа	$\sigma_{4шм} := 1.7 \cdot \sigma_d = 285.6$
- от механических и температурных воздействий в рабочих условиях, МПа	$\sigma_{4шмт} := 1.7 \cdot \sigma_d = 285.6$
- при гидроиспытаниях	$\sigma_{4ши} := 1.8 \cdot \sigma_d = 302.4$

Проверка условия прочности стяжек резьбовых при напряжении растяжения:

- при затяжке гаек

$Usl_15 := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{ршг} \geq \sigma_{шг} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$

$Usl_15 = \text{"Условие прочности выполняется"}$

- от механических нагрузок в рабочих условиях

$Usl_16 := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{ршм} \geq \sigma_{шм} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$

$Usl_16 = \text{"Условие прочности выполняется"}$

- от механических и температурных воздействий в рабочих условиях

$$Usl_17 := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{ршмт} \geq \sigma_{шмт} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Usl_17 = "Условие прочности выполняется"

- при гидроиспытаниях

$$Usl_18 := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{рши} \geq \sigma_{ши} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Usl_18 = "Условие прочности выполняется"

Проверка условия прочности стяжек резьбовых при приведенном напряжении:

- при затяге гаек

$$Usl_19 := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{4ршг} \geq \sigma_{4шг} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Usl_19 = "Условие прочности выполняется"

- от механических нагрузок в рабочих условиях

$$Usl_20 := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{4ршм} \geq \sigma_{4шм} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Usl_20 = "Условие прочности выполняется"

- от механических и температурных воздействий в рабочих условиях

$$Usl_21 := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{4ршмт} \geq \sigma_{4шмт} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Usl_21 = "Условие прочности выполняется"

- при гидроиспытаниях

$$Usl_22 := \begin{cases} \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{4рши} \geq \sigma_{4ши} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Usl_22 = "Условие прочности выполняется"

6.2 Определение напряжения смятия в месте контакта шайба - гайка и шайба - плита прижимная

Место контакта шайба-гайка и шайба-плита прижимная показано на рисунке 6.1.

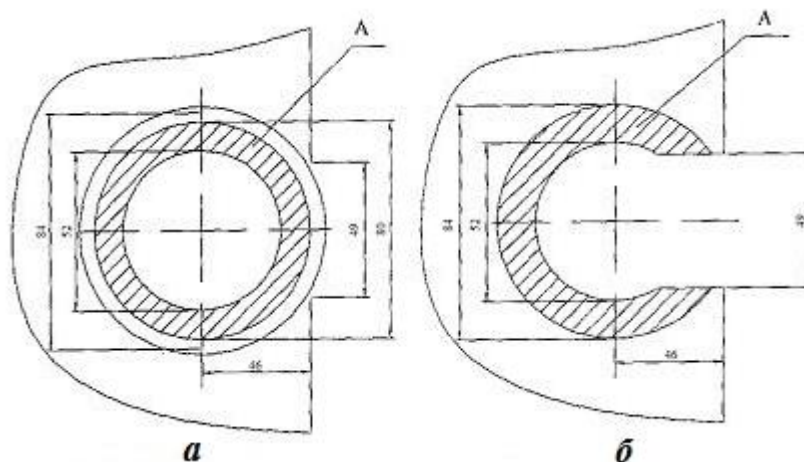


Рисунок 6.1 - Места контактов:

а – контакт шайба-гайка; б – контакт шайба-прижимная плита

Исходные данные для определения смятия в местах контактов представлены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Исходные данные

Максимальное усилие на шпильках стяжных, Н	$F_{ш} = 7.263 \times 10^5$
Площадь площадки контакта шайба-гайка, мм ²	$S_{шг} = 2901$
Площадь контакта шайба-прижимная плита, мм ²	$S_{шп} = 2632$

Условие прочности:

$$\sigma_{см} \leq \sigma_{дсм}$$

Номинально допускаемые напряжения на смятие, МПа

$$\sigma_{дсм} := 2 \cdot \sigma_d = 336$$

Напряжение смятия в месте контакта шайба – гайка, МПа

$$\sigma_{смг} := \frac{F_{ш}}{z \cdot S_{шг}} = 41.727$$

Напряжение смятия в месте контакта шайба - плита прижимная, МПа

$$\sigma_{смп} := \frac{F_{ш}}{z \cdot S_{шп}} = 45.992$$

Проверка условия прочности смятия в месте контакта:

$Usl_23 := \begin{cases} \text{"Шайба-гайка НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{смг} \geq \sigma_{дсм} \\ \text{"Шайба-плита прижимная НЕ выполняется"} & \text{if } \sigma_{смп} > \sigma_{дсм} \\ \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$

$Usl_23 = \text{"Условие прочности выполняется"}$

Результаты проведенного расчета

В ходе проведенного исследования был выполнен технологический расчет, где определена поверхность теплопередачи $F = 25 \text{ м}^2$, поверхность пластины $f = 0.6 \text{ м}^2$, количество пластин $N = 44$, и масса аппарата $M = 1130 \text{ кг}$. В результате чего подобрали исполнение теплообменника - тип Р. Исполнение 2. Также произвели конструктивный, механический и поверочный расчеты, где подобрали конструкционные и прокладочные материалы для оборудования. Проверили выбранный ТОА на соответствие критериям надежности и прочности элементов аппарата. Разработанный пластинчатый теплообменник соответствует всем установленным требованиям нормативных документов (ГОСТам, СНиПам и т.д.), а также обеспечивает заданную производительность.

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Г61	Шадуро Екатерина Михайловна

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Примерный бюджет проекта – 250473.85 руб; В реализации проекта задействованы два человека: руководитель, инженер. Оклад руководителя- 36174 руб.; Оклад инженера-18426 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30% Минимальный размер оплаты труда (на 01.01.2021) 12 792 руб.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Описание потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Определение трудоемкости выполнения работ, разработка диаграммы Ганта, формирование бюджета затрат
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НТИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	24.04.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	Кандидат экономических наук, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Г61	Шадуро Екатерина Михайловна		

РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Данный раздел выпускной квалификационной работы предназначен для анализа конкурентоспособности, ресурсоэффективности и расчёта бюджета проводимого исследования. Настоящая работа проводится на предприятии по выпуску биологически активных добавок ООО ПК «Фарм-про» и предполагает исследование эффективности применения пластинчатых теплообменных аппаратов в пищевой промышленности. В ходе проделанной работы определили категорию надёжности производителя теплообменного оборудования. Оценка перспективности, планирование и формирование бюджета научного исследования позволяют анализировать его экономическую эффективность.

7.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Объектом исследования является пластинчатый теплообменный аппарат. Данный теплообменный аппарат используется в таких областях применения как, химическая, нефтяная, холодильная, молочная, фармацевтическая, пищевая и медицинская промышленности, на объектах жилищно-коммунальной сферы (котельные, ТЭЦ, АЭС) и лабораторий. Сегментирование рынка проводится по сфере использования и по размеру компании-заказчика. Вид информационного и экономического взаимодействия – b2b («Бизнес для бизнеса»). Карта сегментирования приведена в таблице 7.1 [43].

Таблица 7.1 – Карта сегментирования [43]

		Сфера использования		
		Промышленные предприятия	Объекты ЖКХ	Лаборатории
Размер организации	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

					ФЮРА.065144.001ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Шадуро Е.М.			Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Горлушко Д.А.				Д	56	15
Конс.		Трубченко Т.Г.				ТПУ, гр. 3-4Г61		
Н. контр.								
Руков. ООП		Беляев В.М.						

В приведённой карте сегментирования показано, что для реализации разработки подходят крупные и средние предприятия промышленности, объекты ЖКХ (котельные, ТЭЦ, АЭС).

7.2 Анализ конкурентных технических решений

В пластинчатом теплообменном аппарате пластины могут быть выполнены из стали различных марок. Рассмотрим в качестве конструкционного материала выполнение пластинчатого теплообменника из стали 12X18H10T (исполнение 1), 10X17H13M2T (исполнение 2) и AISI 304 (исполнение 3).

Сталь 12X18H10T пищевая коррозионностойкая нержавеющая сталь аустенитного класса, нашедшая свое применение во множестве отраслей промышленности, в первую очередь пищевой, фармацевтической и химической. Сталь обладает высокой коррозионной стойкостью в ряде жидких сред, устойчива против межкристаллитной коррозии после сварочного нагрева, сравнительно мало охрупчивается в результате длительного воздействия высоких температур и может быть применена в качестве жаропрочного материала. Может использоваться в медицине, в пищевом производстве и для любого оборудования, которое контактирует с водой. Держит температуру до 700°C, поэтому может использоваться для производства печей с небольшой температурой нагрева. Марка идеальна для изготовления баков для воды, молочной продукции, соков, пива, кваса и других жидкостей, различных неагрессивных кислот, щелочей и т.д [45].

Сталь 10X17H13M2T - коррозионностойкая обыкновенная нержавеющая сталь, которая применяется для изготовления сварных конструкций, работающих в условиях действия кипящей фосфорной, серной, 10% уксусной кислоты, в сернокислых и других средах повышенной агрессивности. Характеризуется хорошей технологичностью при горячей пластической деформации, имеет очень хорошую свариваемость, без ограничений. Температураковки стали начинается с 1180 °С, и завершается 850°С. Изделия с сечением до 300 мм охлаждают на воздухе. Применяется при изготовлении сварных конструкций, работающих в средах повышенной агрессивности, предназначенных для длительных сроков службы при 600 С. Используется в основном, на химическом производстве для изготовления баков для кислот, гальванических ванн и других изделий, постоянно контактирующих с кислотой [45].

Сталь AISI 304 - аустенитная сталь с низким содержанием углерода. Является кислотостойкой и выдерживает краткосрочное поднятие температуры до 900 °С. представляет собой основной сорт в семействе нержавеющих сталей и содержит минимум 18 % Cr и 8 % Ni. Такое содержание хрома обеспечивает формирование на поверхности

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

металла оксидного слоя, что придаёт стали устойчивость к воздействию разнообразных веществ. Используется, в основном, в пищевом производстве и для любого оборудования, которое контактирует с водой. Марка идеальна для изготовления баков для воды (молока, соков, пива, кваса и других жидкостей), разделочных столов для пищевых производств. Является более дешевым аналогом марки 12X18H10T (дешевле за счет меньшей устойчивости к агрессивным средам – в связи с меньшим содержанием углерода и отсутствия титана) [45].

Сравнительная таблица конкурирующих технических решений приведена в таблице 7.2 [43].

Таблица 7.2 – Сравнение конкурирующих технических решений [43]

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		И ₁	И ₂	И ₃	К ₁	К ₂	К ₃
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Удобство в эксплуатации	0.15	5	5	5	0.75	0.75	0.75
Долговечность	0.1	5	5	4	0.5	0.5	0.4
Надежность	0.2	4	5	4	0.8	1	0.8
Производительность	0.1	5	5	5	0.5	0.5	0.5
Стойкость к коррозии	0.1	5	5	5	0.5	0.5	0.5
Доступность	0.15	5	5	5	0.75	0.75	0.75
Экономические критерии оценки эффективности							
Стоимость	0.1	4	5	2	0.4	0.5	0.2
Срок эксплуатации	0.1	5	5	5	0.5	0.5	0.5
Итого	1	38	40	35	4.7	5	4.4

Пример оценки конкурентоспособности приведем для теплообменника Исполнения 1:

$$K_1 = \sum(B \cdot B_p) = 0.15 \cdot 5 + 0.1 \cdot 5 + 0.2 \cdot 4 + 0.1 \cdot 5 + 0.1 \cdot 5 + 0.15 \cdot 5 + 0.1 \cdot 4 + 0.1 \cdot 5 = 4.7,$$

где К₁, К₂, К₃ – конкурентоспособность компаний Ридан, Альфа Лаваль, Теплотекс АПВ.

В – вес критерия (в долях единицы, в сумме равняется 1), выбирается экспертным путем;

И₁, И₂, И₃ – баллы исполнений 1, 2, 3 соответственно; от 1 до 5, где 1 – наиболее

слабая позиция, а 5 – наиболее сильная, выбираются экспертным путем.

По результатам расчётов таблицы 8.2 можно сделать вывод, что целесообразно разрабатываемое оборудование выполнять из стали 10X17H13M2T в виду лучших технических характеристик, высокой надежности и долговечности.

7.3 SWOT-анализ

Для комплексной оценки внешней и внутренней среды проекта составляется матрица SWOT-анализа. При SWOT-анализе рассматриваются сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы со стороны внешней среды. Итоговая матрица SWOT-анализа приведена в табл. 7.3 [43].

Таблица 7.3 – Матрица SWOT-анализа [43]

	Сильные стороны: С1. Использование отечественных материалов и комплектующих С2. Экономичность и ресурсоэффективность продукта по сравнению с аналогами С3. Высокая ремонтпригодность С4. Не требуется значительных изменений конструкции	Слабые стороны: Сл1. Высокая конкуренция на рынке Сл2. Затраты на дополнительное обучение разработчика и/или оператора Сл3. Отсутствие бюджетного финансирования
Возможности: В1. Возможность выхода на международный рынок В2. Приобретение участниками проекта новых компетенций В3. Актуальность расчетов, проведенных в рамках проекта	Компетенции участников и возможность их повышения становятся гарантами эффективности проекта. В то же время, использование отечественных материалов может стать фактором, осложняющим выход на международный рынок в связи с необходимостью налаживания обширной логистической сети	Выход на международный рынок повлечет за собой необходимость существенно больших капиталовложений Помощь в финансировании проекта и его сертификации могут оказать инновационные инфраструктуры
Угрозы: У1 Появление новых конкурентов У2 Появление более эффективных и экономичных технологических решений	Опыт участников и их осведомленность о трендах развития технологий в области теплового оборудования являются одной из самых сильных сторон проекта	Появление новых конкурентов и альтернативных технологий усилит конкуренцию на всероссийском и международном рынках

Проведенный SWOT-анализ демонстрирует, что основным преимуществом является использование отечественных материалов и комплектующих, что делает проект менее зависимым от политических санкций. В то же время, этот фактор может повлечь дополнительные расходы при выходе на мировой рынок в связи с необходимостью налаживания широкой цепи логистики.

7.4 Планирование научно-исследовательской работы

7.4.1 Структура научно-исследовательского исследования

Для начала работы над проектом проводится планирование этапов предполагаемого исследования, определяется структура, участники процесса и их занятость, а также продолжительность каждого этапа работы. Исполнителями работы являются: научный руководитель (НР) – Горлушко Д.А., инженер (И) – Шадуро Е.М. Структура работ и распределение занятости исполнителей приведены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Структура работ

№	Этапы работы	Исполнитель	Загрузка исполнителей
1.	Выбор научного руководителя ВКР	Шадуро Е.М.	100 %
2.	Выбор и утверждение темы ВКР	Горлушко Д.А. Шадуро Е.М.	80% 20%
3.	Разработка технического задания	Горлушко Д.А. Шадуро Е.М.	40 % 60 %
4.	Составление календарного плана работы	Горлушко Д.А. Шадуро Е.М.	50 % 50 %
5.	Подбор и изучение литературы	Шадуро Е.М.	100 %
6.	Исследования и расчеты	Шадуро Е.М.	100 %
7.	Обработка полученных результатов	Горлушко Д.А. Шадуро Е.М.	15 % 85 %
8.	Составление технологической схемы	Шадуро Е.М.	100 %
9.	Согласование выполненной работы с руководителем	Горлушко Д.А. Шадуро Е.М.	90 % 10 %
10.	Выполнение разделов финансовый менеджмент и социальная ответственность	Шадуро Е.М.	100 %
11.	Подведение итогов, оформление работы	Шадуро Е.М.	100 %

7.4.2 Разработка графика проведения научно-технического исследования

Определение трудоемкости выполнения работ

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Трудоёмкость выполнения исследования оценивается экспертным путём в силу вероятностного характера величины. За единицу измерения трудоёмкости принимаются человеко-дни.

Ожидаемая трудоёмкость рассчитывается по формуле [43]:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (7.1)$$

где $t_{ож}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения работы чел.дн;

t_{\min} – минимально возможная трудоёмкость выполнения заданной работы, чел.дн;

t_{\max} – максимально возможная трудоёмкость выполнения заданной работы, чел.дн.

Определим продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i} \quad (7.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения одной работы, чел.- дн.

$ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для построения графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ в рабочих днях переводится в календарные дни по формуле:

$$T_{KD} = T_{PD} \cdot K_{KD}, \quad (7.3)$$

где T_{KD} – продолжительность выполнения работы в календарных днях;

T_{PD} – продолжительность выполнения работы в рабочих днях;

K_{KD} – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$K_{KD} = \frac{T_{KD}}{T_{KD} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (7.4)$$

где T_{KD} – количество календарных дней в году (365 дней);

$T_{ВД}$ – количество выходных дней в году;

$T_{ПД}$ – количество праздничных дней в году.

Значение коэффициента календарности для 2021 года [43]:

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_{\text{кд}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22 \quad (7.5)$$

С учётом данных таблицы 8.4 и приведённых выше формул составляется расчётная таблица 7.5 Диаграмма Ганта, представляющая собой календарный график работ, представленный на рисунке 7.1 [43].

Таблица 7.5– Расчёт трудозатрат на выполнение работ [43]

Наименование работы	Исполнители работы	Длительность работ, дн.			Трудоёмкость работ по исполнителям, чел. дн			
		t_{\min}	t_{\max}	$t_{\text{ож}}$	$T_{\text{РД}}$		$T_{\text{КД}}$	
					НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.Выбор научного руководителя ВКР	Инженер	1	2	1.4	0	1.4	0	1.708
2.Выбор и утверждение темы ВКР	Руководитель Инженер	3	5	3.8	3.04	0.76	3.709	0.927
3.Разработка технического задания	Руководитель Инженер	3	4	3.4	1.36	2.04	1.659	2,488
4.Составление календарного плана работы	Руководитель Инженер	4	5	4.4	2.2	2.2	2.684	2.684
5.Подбор и изучение литературы	Инженер	10	15	12	0	12	0	14.64
6.Исследования и расчеты	Инженер	15	20	17	0	17	0	20.74
7.Обработка полученных результатов	Руководитель Инженер	5	7	5.8	0.87	4.93	1.061	6.015
8.Составление технологической схемы	Инженер	3	4	3.4	0	3.4	0	4.148
9.Согласование выполненной работы с руководителем	Руководитель Инженер	5	7	5.8	5.22	0.58	6.368	0.708
10.Выполнение разделов финансовый менеджмент и социальная ответственность	Инженер	15	20	17	0	17	0	20.74
11.Подведение итогов, оформление работы	Инженер	10	15	12	0	12	0	14.64
Итого:				86	12.69	73.31	15.48	89.44



Рисунок 7.1 – Диаграмма Ганта

Согласно диаграмме Ганта продолжительность проектирования составляет 10 полных декад, начиная с начала февраля заканчивая концом мая. Самый большой промежуток времени занял подбор и изучение литературы, а также расчеты и исследования проектируемого оборудования. Продолжительность выполнения проекта в рабочих днях составила 90 дней, из которых 74 дня – продолжительность выполнения работ инженером, 16 дней работы руководителя.

7.5 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета должна быть проведена полная оценка всех видов затрат на проведение исследования, что позволит судить об экономической эффективности работы.

Статьи затрат, необходимые для расчета:

- материальные затраты;
- затраты на оборудование;
- заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

7.5.1 Расчёт материальных затрат

В данном подразделе оценены все затраты, используемые при НТИ.

При теоретическом исследовании, проектировании и расчете оборудования использовался персональный компьютер с бесплатным доступом для студентов ТПУ к программам Microsoft Office, Mathcad, КОМПАС-3Д. Материальные затраты включают в себя расходы на канцелярские принадлежности. Расчёт материальных затрат приведён в таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Материальные затраты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Бумага для офисной техники SvetoCopy (A4, марка C, 80 г/кв.м, 500 листов)	295	1	295
Шариковая ручка	40	3	120
Итого			415

7.5.2 Расчёт амортизационных отчислений

Для написания работы и проведения НТИ используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 40000 руб. Срок полезного использования офисной техники составляет 2 - 3 года. Для написания ВКР планируется использовать ПК в течение 5 месяцев.

Норма амортизации H_A рассчитывается по формуле [43]:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (7.6)$$

где T – срок полезного использования, лет.

Примем срок полезного использования ПК равным 3 года, тогда норма амортизации H_A будет равна:

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\%. \quad (7.7)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{\text{год}} = 40000 \cdot 0,33 = 13\,200 \text{ руб.} \quad (7.8)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{\text{мес}} = \frac{13\,200}{12} = 1\,100 \text{ руб.} \quad (7.9)$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$A = 1100 \cdot 4 = 4400 \text{ руб.} \quad (7.10)$$

7.5.3 Расчёт заработной платы и отчислений во внебюджетные фонды

Оклад научного руководителя составляет 36 174 рублей, оклад инженера, как разработчика проекта, принимается равным окладу инженера низкой квалификации – 18 426 рублей.

Заработная плата включает в себя основную и дополнительную части. При этом основная заработная плата рассчитывается по формуле [43]:

$$ЗП_{осн} = ЗП_{дн} \cdot T_{РД} \cdot (1 + K_{пр} + K_{д}) \cdot K_p, \quad (7.11)$$

где $ЗП_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_{РД}$ – трудоёмкость выполнения работы в рабочих днях;

$K_{пр}$ – коэффициент премирования;

$K_{д}$ – коэффициент доплат;

K_p – районный коэффициент.

Среднедневная заработная плата [43]:

$$ЗП_{дн} = \frac{З_m \times M}{F_d}, \quad (7.12)$$

где $З_m$ – оклад работника за месяц, руб.

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя);

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени персонала, раб. дн. (таблица 7.7)

Таблица 7.7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	118
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	223

Рассчитаем среднедневную заработную плату для студента и научного руководителя:

$$ЗП_{\text{дн инж.}} = \frac{18\,426 \cdot 11,2}{223} = 925.43 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{\text{дн рук.}} = \frac{36174 \times 11,2}{223} = 1816.81 \text{ руб.}$$

Результаты расчёта основной заработной платы по формуле 7.11 сведём в таблицу 7.8.

Таблица 7.8 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$ЗП_{\text{дн}}$	K_p	K_{∂}	K_{np}	T_{PD}	$ЗП_{\text{осн}}$, руб
Руководитель	1816,81	1.5	0.2	0.05	12.69	43228.72
Инженер	925,43	1.2	0.2	0.05	73.31	101764.91
Итого:						144993.63

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{доп}} = ЗП_{\text{осн}} \cdot 0,12, \quad (7.13)$$

где $ЗП_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Отчисления во внебюджетные фонды рассчитываются по формуле:

$$ЗП_{\text{внеб}} = (ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{доп}}) \cdot 0,3, \quad (7.14)$$

где $ЗП_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб;

$ЗП_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Результаты расчётов дополнительной заработной платы и отчисления во внебюджетные фонды запишем в таблицу 7.9.

Таблица 7.9 – Расчёт дополнительной заработной платы и отчислений

Исполнители	$ЗП_{\text{доп}}$	$ЗП_{\text{внеб}}$
Руководитель	5187.45	14524.85
Инженер	12211.79	34193.01
Итого	17399.24	48717.86

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16%, отсюда накладные расходы будут рассчитываться по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (З_{\text{мат}} + А + ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{доп}} + ЗП_{\text{внеб}}), \quad (7.15)$$

где $З_{\text{мат}}$ – материальные затраты, руб;

$А$ – затраты на амортизацию, руб;

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$ЗП_{осн}$ – основная заработная плата, руб;

$ЗП_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб;

$ЗП_{внеб}$ - отчисления во внебюджетные фонды, руб.

$$З_{накл} = 0,16 \cdot (415 + 4400 + 144993.63 + 17399.24 + 48717.86) = 34548.12 \text{ руб.}$$

7.5.4 Расчёт общей себестоимости

Рассчитанные в пунктах 7.5.1-7.5.3 расходы сведем в общую таблицу 7.10.

Таблица 7.10 – Суммарные расходы

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	415	0.17
Затраты на амортизацию	4400	1.76
Основная заработная плата	144993.63	57.88
Дополнительная заработная плата	17399.24	6.95
Отчисления во внебюджетные фонды	48717.86	19.45
Накладные расходы	34548.12	13.79
Итого	250473.85	100

После произведенного расчёта затрат, видно, что основная часть средств (57.88 %) приходится на заработную плату исполнителей.

7.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность оборудования оценивается для разных вариантов исполнений теплообменника:

1. Исполнение 1 пластины из стали 12X18H10T;
2. Исполнение 2 пластины из стали 10X17H13M2T;
3. Исполнение 3 пластины из стали AISI 304.

Эффективность разработки определяется путём расчёта интегрального финансового показателя [43]:

$$I_{фин}^i = \frac{\Phi_i}{\Phi_{max}}, \quad (7.16)$$

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где $I_{фин}^i$ – интегральный финансовый показатель;
 Φ_i – стоимость оборудования i-ого исполнения;
 Φ_{max} – максимальная стоимость теплообменника.

Результаты расчета интегральных финансовых показателей исполнений проекта сведем в таблицу 7.11:

Таблица 7.11 – Интегральные финансовые показатели исполнений проекта

	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3
Интегральный финансовый показатель	0.97	1.0	0.92

Сравнительная оценка ресурсоэффективности рассматриваемых аналогов приведена в табл. 7.12 [43].

Таблица 7.12 – Сравнительная оценка ресурсоэффективности [43]

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Ресурсоэффективность		
		И ₁	И ₂	И ₃	К ₁	К ₂	К ₃
Удобство в эксплуатации	0.15	5	5	5	0.75	0.75	0.75
Долговечность	0.1	5	5	4	0.5	0.5	0.4
Надежность	0.2	4	5	4	0.8	1	0.8
Производительность	0.1	5	5	5	0.5	0.5	0.5
Устойчивость к коррозии	0.1	5	5	5	0.5	0.5	0.5
Доступность	0.15	5	5	5	0.75	0.75	0.75
Итого	1	29	30	28	3.8	4	3.7

Интегральный показатель эффективности разработки I^i вычисляется по формуле [43]:

$$I^i = \frac{I_p^i}{I_{фин}^i}, \quad (7.17)$$

где $I_{фин}^i$ - интегральный финансовый показатель;
 I_p^i - показатель ресурсоэффективности.

Для выбранного исполнения:

$$I^2 = \frac{4}{1} = 4.0$$

Для рассматриваемых аналогов:

$$I^1 = \frac{3.8}{0.97} = 3.92;$$

$$I^3 = \frac{3.7}{0.92} = 4.0.$$

Сравнительную эффективность проектируемого оборудования и рассматриваемых аналогов рассчитаем по формуле 7.18 и сведем в таблицу 7.13 [43]:

$$\Xi = \frac{I^1}{I^i}, \quad (7.18)$$

где I^1 – интегральный показатель эффективности для выбранного исполнения;
 I^i – интегральный показатель эффективности аналогов.

Таблица 7.13 – Сравнительная эффективность [43]

№ п/п	Показатели	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3
1	Интегральный финансовый показатель $I_{фин}$	0.97	1	0,92
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности I_p	3.8	4.0	3.7
3	Интегральный показатель эффективности I	3.92	4.0	4.0
4	Сравнительная эффективность Ξ разработки к аналогам	1.0	-	1.0

Сравнение значений интегральных показателей эффективности показало, что более лучшим будет исполнение 2, так как данное исполнение превосходит аналоги по интегральному финансовому показателю и ресурсоэффективности.

Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В данном разделе был выполнен анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения научно-исследовательской работы, оценены экономические аспекты проведенного исследования. Потенциальными потребителями исследования являются предприятия пищевой, химической промышленности, объекты ЖКХ, лаборатории. Теплообменный аппарат, материал пластин которого сталь 10X17H13M2T, является конкурентоспособным на рынке благодаря своим преимуществам: надежности, высокой производительности, долговечности.

В ходе SWOT-анализа были проанализированы слабые и сильные стороны работы, способы устранения их и использования для продвижения исследовательской работы. Был проведен прогноз внешних угроз и возможностей, учитывая которые можно повысить конкурентоспособность данного проекта.

Было произведено распределение обязанностей по выполнению научно-исследовательской работы, рассчитано время, необходимое для выполнения работы. Общая продолжительность выполнения работы составила 105 дней.

Также был произведен подсчет затрат научно-исследовательского исследования, который составил 250473.85 руб., основная статья расходов которого заработная плата исполнителей: основная - 57.88 % и дополнительная - 6.95 %. Меньше всего средств ушло на материальные затраты - 0.17 % и амортизацию оборудования – 1.76 %.

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Г61	Шадуро Екатерина Михайловна

Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	НОЦ Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Тема ВКР:

Проектирование оборудования производства сиропа из плодов шиповника	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: основное оборудование производства сиропа из плодов шиповника Область применения: пищевая промышленность
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> — специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; — организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	-Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.04.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.05.2021) -ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования -ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. -ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения). -СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: -отклонение показателей микроклимата; -недостаточная освещенность рабочей зоны. Опасные факторы: -повышенное значение напряжения в электрической цепи; -передвигающиеся изделия, заготовки, материалы (розлив в бутылки); -повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования; -повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте.
3. Экологическая безопасность:	Влияние пластинчатого теплообменного аппарата на экологическую безопасность
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	-внезапное обрушение здания; -неисправности инженерных сетей; -прорыв водопроводной системы; -пожар;

	-биотерроризм; -саботаж
--	----------------------------

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	24.04.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Г61	Шадуро Екатерина Михайловна		

8 Социальная ответственность

Введение

Надобность термической обработки пищевого сырья и полуфабрикатов обуславливается их санитарным благополучием. Температура оказывает влияние на структурные и физико-механические свойства, а также определяет качество продукции. Поэтому, исследование процесса переноса тепла позволит в значительной степени оптимизировать температурное воздействие на продукт, тем самым улучшив его качество.

Целью работы является проектирование основного оборудования производства сиропа из плодов шиповника с целью повышения его энерго-и ресурсоэффективности путем модернизации теплообменного аппарата.

Объектом исследования является пластинчатый теплообменный аппарат для охлаждения сиропа из плодов шиповника. Область применения: пищевая и фармацевтическая промышленность. ООО ПК «Фарм-про» - предприятие, занимающееся изготовлением БАД Сиропа из плодов шиповника, территориально находится в Новосибирской области р.п. Краснообск.

Климат в Новосибирской области континентальный, холодная и продолжительная зима, со снежным покровом, лежащим в течение всей зимы, сильными ветрами и метелями. Весна и осень отличаются переменной погодой, весной характерна солнечная погода с небольшим количеством осадков. Лето жаркое и влажное, но сравнительно короткое.

					ФЮРА.065144.001ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Шадуро Е.М.			Социальная ответственность	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Горлушко Д.А.				Д	73	10
Конс.		Скачкова Л.А.				ТПУ, гр. 3-4Г61		
Н.контр.								
Руков.ООП		Беляев В.М.						

8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Работа в производственном цехе производства сиропа относится ко второму классу условий труда.

На предприятии разработаны и функционируют внутренние положения, инструкции, мероприятия, приказы и другие формы распорядительных мер, направленные на предупреждение аварий, инцидентов, травм, негативного воздействия на окружающую среду, нанесения ущерба населению.

В соответствии с требованиями Федерального закона № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1977 г. (с изменениями ФЗ № 22 – ФЗ от 04.03.2013 г.) наличие в ООО ПК «Фарм – про» Положения о производственном контроле за соблюдением норм промышленной безопасности и соблюдение работниками его требований – это важная часть комплекса мероприятий, направленных на обеспечение безопасного функционирования объекта и предупреждения аварий.

Необходимость организации и ведения производственного контроля регламентирует статья 11 настоящего Федерального закона (в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 526 от 21.06.2013 г.). Положение является нормативным документом, в соответствии с которым организуется и проводится работа по обеспечению промышленной безопасности в ООО ПК «Фарм – про». Знание и выполнение требований Положения является обязательным для работников всех структурных подразделений компании.

Законодательство Российской Федерации об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ, например, федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

8.2 Производственная безопасность

Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при работе в производственной зоне изготовления готового продукта БАД «Сироп плодов шиповника». Перечень возможных вредных и опасных факторов представлен в таблице 8.1.

Таблица 8.1 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы	Разр абот ка	Изго товл ение	Экспл уатац ия	Нормативные документы
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [28]
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [29]
3. Повышенное значение напряжения в электрической цепи	-	-	+	ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [30]
4. Передвигающиеся изделия, заготовки, материалы (розлив в бутылки)	-	-	+	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности [31] ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам [32]
5. Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования	-	+	+	ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация [33]
6. Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте	-	-	+	СН 2.2.4/ 2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы[34] СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий [35]

8.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

1. Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат определяется действующими на организм человека показателями температуры, влажности и скорости движения воздуха. Данные параметры оказывают существенное воздействие на работоспособность человека, его самочувствие и здоровье. Повышенная температура воздуха рабочей зоны способствует нарушению обменных процессов в организме, а пониженная температура способствует возникновению различных острых и хронических простудных заболеваний. Поэтому организации должны обеспечивать оптимальные параметры микроклимата, установленные СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [28].

В таблице 8.2 приведены оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений [28].

Таблица 8.2 - Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата [28]

Оптимальные значения характеристик микроклимата				
Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22 – 24	21 – 25	40 – 60	0,1
Теплый	23 – 25	22 – 26	40 – 60	0,1
Допустимые значения характеристик микроклимата				
Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	20 – 25	19 – 26	15 – 75	0,1
Теплый	21 – 28	20 – 29	15 – 75	0,1 – 0,2

2. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Может негативно сказываться на зрении, приводить к быстрому утомлению и снижению работоспособности, что влияет на общее самочувствие человека и вызывает дискомфорт.

При нормировании освещённости на рабочем месте учитываются следующие показатели:

- средняя освещенность на рабочей поверхности;
- коэффициент пульсации освещенности;
- критерий оценки дискомфортной блескости (объединенный показатель дискомфорта, URG);
- коэффициент естественной освещенности, КЕО.

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Минимальная освещенность на рабочих местах не должна отличаться от нормируемой средней освещенности в помещении более, чем на 10 %.

Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения установлены в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [29].

3. *Повышенное значение напряжения в электрической цепи*

В производственной зоне широко используется электричество для питания компьютерной техники, производственного оборудования, которое может явиться источником опасности. Поражение электрическим током может произойти при прикосновении к токоведущим частям оборудования, находящимся под напряжением, на которых остался заряд или появилось напряжение. Несоблюдение правил по электробезопасности может вызвать местные поражения организма человека электрическим током (ожоги, механические повреждения и т.п.) или электрический удар [30].

4. *Передвигающиеся изделия, заготовки, материалы (розлив в бутылки)*

Движущиеся части производственного оборудования, являющиеся возможным источником травмоопасности, должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикасания к ним работающего или использованы другие средства (например, двуручное управление), предотвращающие травмирование.

5. *Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования*

Может являться следствием нагрева поверхности пластинчатого теплообменника за счет передачи тепла от горячего теплоносителя (сироп температурой 100 °С).

По технике безопасности конструкция производственного оборудования и его размещение должны исключать возможность соприкосновения рабочего с горячими или переохлажденными частями или нахождение в непосредственной близости от таких частей, если это может повлечь за собой травмирование, перегрев или переохлаждение работающего [32,33].

6. *Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте*

Источниками шума и вибрации в производственной зоне являются варочные котлы, дробилка шиповника, установка розлива сиропа, насосы и укупор бутылки.

Шум, являясь общебиологическим раздражителем, оказывает влияние на слуховой анализатор, а также действует на структуры головного мозга, вызывая сдвиги в различных функциональных системах организма. Среди множественных проявлений неблагоприятного воздействия шума на организм человека выделяются: снижение разборчивости речи, неприятные ощущения, развитие утомления и снижение производительности труда, появление шумовой патологии [34].

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вибрация относится к факторам, обладающим значительной биологической активностью. К источникам технологических вибраций относится оборудование, действие которого основано на использовании вибрации и ударов (виброплатформы, вибростенды, молоты, штампы, прессы и пр.), а также мощные электрические установки (компрессоры, насосы, вентиляторы, некоторые металлообрабатывающие станки и др.). При всех видах вибрационной болезни нередко наблюдаются изменения со стороны центральной нервной системы, которые связаны с комбинированным действием вибрации и интенсивного шума, постоянно сопутствующего вибрационным процессам [35].

8.2.2 Мероприятия по снижению воздействия:

Вредные факторы:

1. Отклонение показателей микроклимата

Во избежание отклонений параметров микроклимата организации должны обеспечивать оптимальные параметры микроклимата, установленные СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [28].

2. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Для обеспечения рационального освещения (отвечающего техническим и санитарно-гигиеническим нормам) необходимо правильно подобрать светильники в сочетании с естественным светом, а также проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп [29].

Опасные факторы:

1. Повышенное значение напряжения в электрической цепи

Соблюдение правил техники электробезопасности, защитные ограждения (временные или стационарные), изолирующие устройства и покрытия, устройства защитного заземления, устройства автоматического отключения, предохранительные устройства, предупредительная сигнализация, блокировка и установка знаков безопасности [30].

4. Передвигающиеся изделия, заготовки, материалы (розлив в бутылки)

Движущиеся части оборудования должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикасания к ним работающего. В непосредственной близости от движущихся частей, находящихся вне поля видимости, должны быть установлены органы управления аварийным остановом (торможением) или двуручное

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

управление, предотвращающие травмирование, если в опасной зоне, создаваемой движущимися частями, могут находиться рабочие [31,32].

5. Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования

Размещение оборудования должно исключать возможность соприкосновения рабочего с горячими или переохлажденными частями или нахождение в непосредственной близости от таких частей, а также использование средств индивидуальной защиты [32,33].

6. Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте

Для борьбы с шумом в конструкцию оборудования встраивают амортизирующие и звукогасящие приспособления. В качестве индивидуальных средств защиты от воздействия производственного шума используют противошумные заглушки и наушники [34].

Снижение вибрации достигается применением виброгасящих амортизирующих устройств и приспособлений, систематическим ремонтом пневматического инструмента, использованием виброзащитных рукавиц, а также заменой рубильных молотков электрическими инструментами вращательного действия (абразивными станками с гибким валом и др.) [35].

При проектировании и строительстве зданий и промышленных объектов, других элементов производственной среды, а также разработке технологических процессов должны быть использованы методы, снижающие вибрацию на путях ее распространения от источника возбуждения, по ГОСТ 26568 [35].

8.3 Экологическая безопасность

Работа оборудования в цехе производства сиропа, в частности пластинчатого теплообменного аппарата, не оказывает негативного влияния на атмосферу, так как в процессе эксплуатации оборудования не совершается выбросов.

На гидросферу негативного воздействия не происходит, ввиду того, что в процессе теплообмена в качестве хладоносителя используется фильтрованная, абсолютно безопасная питьевая вода, без добавления химических соединений. Также производство периодически проходит проверку Росприроднадзора питьевой воды, сливных и сточных вод на содержание вредных и опасных веществ.

В процессе производства образуются возвратные отходы. В течение смены происходит сбор возвратных отходов в полиэтиленовый мешок, который помещается в пластиковую бочку, взвешивается и маркируется. Промаркированная тара с возвратными отходами перемещается в зону хранения возвратных отходов. Из зоны хранения возвратные отходы поступают на переработку, которая производится непосредственно по месту

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

расположения технологического оборудования. А это значит, что негативного воздействия на литосферу не происходит. Данный производственный цех и оборудование полностью экологически безопасны и не оказывают отрицательного воздействия на окружающую среду.

8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

К возможным чрезвычайным ситуациям на данном рабочем месте относятся внезапное обрушение здания, неисправности инженерных сетей, прорыв водопроводной системы, пожар, биотерроризм, саботаж.

Для предупреждения возникновения ЧС на территории предприятия разработаны и введены в действие охранно-пожарная сигнализация, система видеонаблюдения и контроля доступа, обеспечение пропускного и внутриобъектного режима круглосуточно.

На каждом этаже здания в свободном доступе расположены планы эвакуации при пожаре и ЧС (рисунок 8.1).

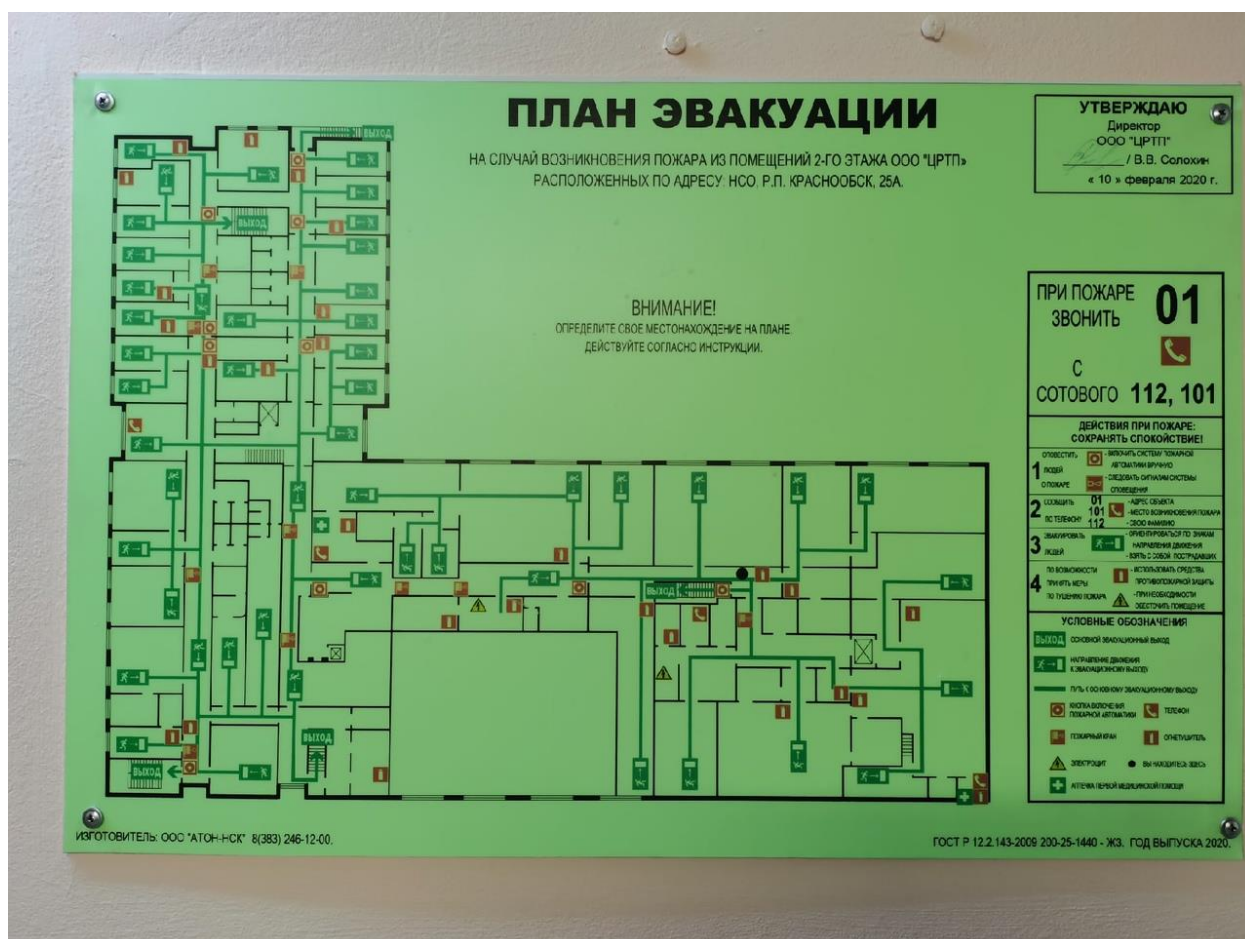


Рисунок 8.1 – План эвакуации при пожарах и других чрезвычайных ситуациях

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Все подразделения предприятия обеспечены первичными средствами пожаротушения в зависимости от категорий помещений, пожарными кранами, имеется система оповещения работников в случае аварийных ситуаций. Проверка работы системы оповещения осуществляется сотрудником отдела контроля дисциплины ежедневно с записью в книге рапортов. Номера вызова аварийных служб располагаются на видном месте у телефонных аппаратов.

Для подготовки и оперативного реагирования персонала к ЧС проводятся обучающие лекции и/или учебно-тренировочные занятия. По результату проведения обучения составляется протокол проведения тренировок по ЧС.

В случае возникновения аварийных ситуаций, угрожающих безопасности продукции осуществляются действия в соответствии с Процедурой №06 «Управление несоответствиями. Корректирующие действия».

Алгоритм управления чрезвычайными ситуациями на предприятии ООО ПК «Фарм-про» представлен в таблице 8.3 [42].

Таблица 8.3 - Алгоритм управления чрезвычайными ситуациями [42]

Алгоритм	Комментарий
<pre> graph TD Start([начало]) --> 1[1] 1 --> A[A] A --> 2[2] 2 --> B[B] B --> 3{3} 3 -- Да --> 4[4] 3 -- Нет --> 5[5] 5 --> 6[6] 6 --> V[V] V --> 7[7] 7 --> 8[8] 8 --> 9[9] 9 --> G[G] G --> 10[10] 10 --> D[D] D --> End([конец]) </pre>	<p>1 – Выявление ЧС силами специалистов ПК или получение информации о ЧС от внешних источников. Информирование вышестоящего руководителя.</p> <p>А – Информация о чрезвычайной ситуации (устно, письменно или по телефону)</p> <p>2 – Оповещение аварийных служб и при необходимости вызов.</p> <p>Б – Перечень номеров экстренной связи</p> <p>3 – Можно устранить своими силами</p> <p>4 – Если Да, устранение ЧС</p> <p>5 – Если Нет, анализ ситуации комиссией и принятие решения по ее устранению. Комиссия назначается приказом по предприятию.</p> <p>6 – Составление Акта с указанием ЧС, причин ее возникновения и последовательности и ответственных за устранение ситуации и последствий.</p> <p>Примечание: При принятии решения, касающегося качества и безопасности продукции принимает участие начальник ОКК.</p> <p>В – Акт рассмотрения ЧС (в произвольной форме) от <u>начальника отдела контроля и дисциплины</u>.</p> <p>7 – Устранение чрезвычайной ситуации. Выполнение коррекции.</p> <p>8 – Устранение последствия чрезвычайной ситуации.</p> <p>9 – При необходимости разработка инструкции, процедур и ознакомление с ними персонала или инструктаж. Выполнение корректирующих действий.</p> <p>Г – Инструкции, процедуры и пр.</p> <p>10 – Сбор информации по ЧС за определенный период (год) и подготовка справки для проведения анализа в соответствии с внутренней процедурой.</p> <p>Д – Справка по чрезвычайным ситуациям (произвольная форма)</p>

Выводы по разделу

На территории производственного предприятия, где используются, различные виды оборудования, во избежание аварий и несчастных случаев, необходимо соблюдать установленные законодательством и производственными инструкциями требования техники безопасности, работать с оборудованием согласно инструкций заводов-изготовителей. На каждом рабочем месте должны быть предоставлены необходимые средства индивидуальной защиты.

Работа оборудования в цехе не оказывает негативного влияния на атмосферу, гидросферу и литосферу, так как в процессе эксплуатации оборудования не совершается выбросов, в процессе теплообмена используется фильтрованная, абсолютно безопасная питьевая вода, без добавления химических соединений, образующиеся возвратные отходы перерабатываются внутри предприятия.

Данная производственная зона и оборудование полностью экологически безопасны и не оказывают отрицательного воздействия на окружающую среду.

					ФЮРА.065144.001ПЗ	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

На основании проведенного исследования наилучшим вариантом в производстве вязкого сиропа будет использование пластинчатого теплообменника, поскольку он более надежен, производителен, имеет сравнительно небольшие размеры, а также возможность очистки поверхности, что очень важно при производстве сиропа. К тому же прибор способен быстро охлаждать значительные объемы жидкости, примерно в 4-6 раз быстрее.

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы стала разработка пластинчатого теплообменника для производства биологически активной добавки сиропа из плодов шиповника.

Провели анализ вредных и опасных факторов, связанных с эксплуатацией данного теплообменника на территории предприятия, и описали рекомендации по снижению воздействия вредоносных факторов на организм человека. Выяснили, что данная производственная зона и оборудование полностью экологически безопасны и не оказывают отрицательного воздействия на окружающую среду.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был выполнен анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения научно-исследовательской работы, оценены экономические аспекты проведенного исследования, проанализированы слабые и сильные стороны, способы устранения их и использования для продвижения исследовательской работы.

					ФЮРА.065144.001ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Шадуро Е.М.</i>			Заключение			
<i>Руковод.</i>		<i>Горлушко Д.А.</i>						
<i>Конс.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Руков. ООП</i>		<i>Беляев В.М.</i>						
						<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
						3	83	1
						ТПУ, гр. 3-4Г61		

Список использованных источников

1. Рашкин К.А. Совершенствование работы пластинчатого теплообменного аппарата со скребковым механизмом для охлаждения вязких пищевых продуктов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва 2013. – 20 с.
2. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов. Часть 1. - М.: Химия, 1995 - 400 с.
3. Белорусский национальный технический университет [Электронный ресурс] Преимущества и недостатки пластинчатых теплообменников. URL: <https://studfile.net/preview/4294273/> Дата обращения: 07.04.2021
4. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/ Ю. И. Дытнерский, Г. С. Борисов, В. П. Брыков - М.: Химия, 1991. 496 с.
5. ГОСТ 15518-87 Аппараты теплообменные пластинчатые. Типы, параметры и основные размеры.
6. ГСССД 2-77 Вода. Плотность при атмосферном давлении и температурах от 0 до 100 °С. Москва, 1978. – 6 с.
7. ГОСТ Р 34233.1-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования. Изд. официальное. - М.: Издательство стандартов, 2017. -26 с.
8. РД 10-249-98. Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды, 2001.
9. А.А. Волошин. Расчет фланцевых соединений трубопроводов и сосудов. СУДПРОМГИЗ. Л., 1959.
10. ГОСТ Р 34233.4-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений. – М.: Стандартиформ, 2018. – 46с.
11. ГОСТ 481-80. Паронит и прокладки из него. Технические условия. Москва, 2004. – 17 с
12. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Е. Романков, А.А. Носков; под ред. П. Е. Романкова— 10-е изд., перераб. и доп., репринт, изд. М: Альянс, 2013. — 576 с.

					ФЮРА.065144.001ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Шадуро Е.М.			Список использованных источников	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Горлушко Д.А.				Д	84	4
Конс.						ТПУ, гр. 3-4Г61		
Н. контр.								
Руков. ООП		Беляев В.М.						

13. ГОСТ Р 34233.6-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках.

14. ГОСТ 25859-83 Сосуды и аппараты стальные. Нормы и методы расчета при малоцикловых нагрузках.

15. Иващенко А., Белоусова О.В., Белоусов Е.А. Биологически активные добавки как перспективное направление развития фармацевтического рынка // Научный результат. Медицина и фармация. 2016. [Электронный ресурс] URL: <http://rrmedicine.ru/journal/article/941/> Дата обращения: 29.03.2021

16. МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ Курганов А.А. Модернизация теплообменных аппаратов различной производительности с целью повышения ресурсо- и энергоэффективности.

17. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ. [Электронный ресурс] URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018006821> Дата обращения: 02.04.2021

18. Преимущества и недостатки пластинчатых теплообменников. [Электронный ресурс] URL: <https://studfile.net/preview/4294273/page:2/> Дата обращения: 02.04.2021

19. ООО "НПО "Спецнефтемаш". Производство резервуарного оборудования, емкостных аппаратов и трубопроводной арматуры.

20. Расчёт и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учебн. Пособие для студентов вузов/ М.Ф. Михалёв, Н.П. Третьяков, А.И. Мильченко, В.В. Зобнин; Под общ. ред. М.Ф. Михалёва. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. - 368с

21. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи. Учебн. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности/ И.В. Доманский, В.П. Исаков, Г.М. Островский и др.; Под общ. ред. В.Н. Соколова. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. - 384с

22. Семакина О.К. Машины и аппараты химических производств. Ч. 1. Учеб. пособие/Том. политехн. ун-т. –Томск, 2003. –118 с.

23. Беляев В.М. Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли: учеб. пособие в 2 ч. Ч. 1: Тонкостенные сосуды и аппараты химических производств / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 3-е изд., доп. и испр. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016.

24. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Изд. 9-е. М.: Химия, 1973. 750 с

25. Дипломная работа [Электронный ресурс] [Разработка технологической схемы производства безалкогольных напитков на базе предприятия.](https://works.doklad.ru/view/MmNRvm5rkkk/all.html) URL: <https://works.doklad.ru/view/MmNRvm5rkkk/all.html> Дата обращения: 15.04.2021

					ФЮРА. 065144.001ПЗ	Лист
						85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

26. Колесникова И.Л., Сергеева Н.М. Сырье для производства безалкогольных напитков. – К: Техніка, 1988. – 165 с.
27. Соколов В.А. Автоматизация технологических процессов пищевой промышленности. – М.: Пищепроиздат, 1991. – 439 с.
28. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
29. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
30. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
31. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
32. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
33. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
34. СН 2.2.4/ 2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы.
35. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
36. Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1977 г. (с изменениями ФЗ № 22 – ФЗ от 04.03.2013 г.).
37. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.04.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.05.2021).
38. Конституция Российской Федерации: принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 года: (с учетом поправок, внесенных Законами Российской Федерации о поправках к Конституции Российской Федерации от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ) от 30.12.2008 N 6-ФКЗ и N 8 – ФКЗ.
39. ГОСТ 26568-85 Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация (с Изменением N 1).
40. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).
41. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

					ФЮРА. 065144.001ПЗ	Лист
						86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

42. ПК ФП Процедура №06 «Управление несоответствиями. Корректирующие действия».

43. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

44. Экономика и управление производством. Расчет экономической части дипломного проекта: метод. указ. для студентов хим. спец. ИДО / сост. Т.Г. Рыжакина. – Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 22 с.

45. Центральный металлический портал РФ [Электронный ресурс] URL: https://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov Дата обращения: 30.05.2021

46. Технические условия ООО ПК «Фарм-про» Биологически активная добавка к пище «Сироп плодов шиповника».

					ФЮРА. 065144.001ПЗ	Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		